Технология тонкой керамики



«Легкая и пищевая промышленность»

Technologie der Feinkeramik

Von einem Autorenkollektiv
unter Federführung von Oberstudienrat
Dipl.-Päd. Josef Hoffmann

Технология тонкой керамики

*Перевод с немецкого
Л.И. Концевич*

Под редакцией канд.техн. наук В.В. Коробкиной,
инж. Л.А. Визир





VEB DEUTSCHER VERLAG
FÜR GRUNDSTOFFINDUSTRIE
LEIPZIG

*Москва
«Легкая и пищевая
промышленность»
1983*

Т38
УДК 666.5/.6.02/.05

Р. Блех
А. Глейхманн
Х.-И. Херрманн
Ф. Кертцински
И. Клемм
В. Кюон
Ф. Лангер
Э. Лейб
П. Майер
К. Мухе
З. Шрот
Р. Шуллер

Т38 **Технология** тонкой керамики. Пер. с нем./Под ред. В. В. Коробкиной, Л. А. Визир. — М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1983. — 184 с.

Описаны сырье для производства фарфоровых изделий, его происхождение и свойства, вспомогательные материалы, приготовление масс, формование изделий и сушка (обжиг). Рассмотрены формы, модели, глазури, краски, способы декорирования. Отражены вопросы надежности и качества продукции.

Авторы — специалисты фарфоровой промышленности ГДР. Книга в ГДР вышла под редакцией И. Хоффманна.

Для инженерно-технических и научных работников фарфорово-фаянсовой промышленности.

Т $\frac{2802030000-197}{044(01)-83}$ 197—83

ББК 35.41
6П7.3

ПРЕДИСЛОВИЕ К РУССКОМУ ИЗДАНИЮ

ГДР, будучи родиной европейского фарфора, традиционно занимает одно из ведущих мест в производстве ценных, полезных и широко используемых в быту изделий из этого материала.

Существенные изменения, происшедшие за последние десятилетия в технологии и организации фарфорового производства, нашли отражение в настоящем издании книги, переведенной на русский язык.

В основу книги положена технология изготовления фарфора хозяйственного назначения. Содержание книги построено по технологическому принципу с охватом вспомогательных процессов: обработки гипса, изготовления моделей, форм и огнеприпаса. Относительно подробно рассмотрена технология декорирования изделий, этим выделяется особая роль продукции, несущей одновременно утилитарную и эстетическую функции.

Значительный интерес для нас представляет опыт ГДР в создании комбината силикатного сырья (г. Кеммлиц), организации централизованного тонкого помола каменистых материалов, разработке упрощенной технологии приготовления масс — все это является безусловным достижением промышленности ГДР.

В книге отражены направления развития технологии тонкой керамики, механизации и интенсификации производства.

Сопоставление состояния технологии и организации фарфорового производства в ГДР и СССР особенно полезно при осуществляемой в настоящее время унификации методов контроля и испытаний, в совместных разработках технологических процессов и оборудования.

Книга переведена с некоторыми сокращениями: не даны производство технической и санитарной керамики, характеристики твердого топлива ГДР и др.

Материал книги изложен доходчиво, просто и понятно описываются сложные операции, при переводе во всех случаях, где было возможно, использовалась равноценная терминология. Не представлялось целесообразным делать какие-либо дополнения к тексту книги.

ПРЕДИСЛОВИЕ К ПЯТОМУ ИЗДАНИЮ

Со времени выхода в свет первого издания учебника (в 1968 г.) в промышленности тонкой керамики ГДР произошли изменения, характеризующиеся комплексной механизацией и частичной автоматизацией производственного процесса, строительством новых заводов и реконструкцией многих предприятий, а также преобразованиями в организации народного хозяйства. В результате появились новые профессии, профиль многих сохранившихся профессий изменился.

В книге подробно рассмотрена технология производства посуды от подготовки сырья до обжига и декорирования. Отдельные устройства и оборудование описаны в той степени, которой достаточно для понимания важнейших принципов их действия. Для более глубокого изучения этих вопросов следует использовать специальную техническую литературу.

Авторы благодарят всех специалистов промышленности, оказавших помощь при переработке учебника, и просят присылать отзывы.

Эрфурт, май 1979 г.

Авторы

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ КЕРАМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В Средней и Передней Азии уже в ранний период каменного века сложились благоприятные условия для перехода от охоты и собирания растительных продуктов к возделыванию земли. Примерно 8 тыс. лет до н. э. люди начали обрабатывать медь и свинец. С переходом к оседлому образу жизни возникла потребность в прочных сосудах для хранения запасов пищи и питья. Необходимого сырья — глин и суглинков — было достаточно, а для обработки их вручную не требовалось сложных орудий труда. Предпосылкой изготовления прочных керамических изделий стало использование огня. Считают, что формованием занимались преимущественно женщины.

Всюду, где обнаруживаются следы человеческой культуры, наряду с каменными ножами и топорами, резными костяными предметами встречается также и простейшая керамика.

Свой первый расцвет керамика пережила в Месопотамии (Двуречье между Тигром и Евфратом), а также в первом тысячелетии до н. э. в долине Нила. Там были благоприятные климатические и географические условия, поэтому ассирийцы, вавилоняне и египтяне достигли высокого мастерства в гончарном искусстве.

При раскопках в Азии, Центральной и Южной Америке, Африке у других племен и народов тоже встречаются свидетельства древнего искусства формования глины.

Со временем появилась профессия гончара. Потребность в керамических изделиях привела к специализации труда, примерно 4 тыс. лет до н. э. появилось первое типичное орудие производства — гончарный круг сначала ручной, затем ножной. В его основу с самого начала был заложен принцип формования пастообразной керамической массы при вращении, который преобладает до настоящего времени. Тысячелетиями гончарный круг, претерпевая небольшие изменения, оставался важнейшим средством труда в гончарном ремесле.

Обработка глины заключалась в размачивании, перемешивании и перебивании. Обжиг проводили в небольших отапливаемых дровами печах. Декорировали изделия сначала путем процарапывания узора, однако вскоре появились цветные глазури и разнообразная роспись.

Гончарами выполнялись все работы, характерные и до настоящего времени для технологии керамики — приготовление массы, формование, декорирование, обжиг. Распределение подобных работ происходило только внутри семьи. Таким образом, гончар был универсальным работником, выполнявшим все операции от добычи сырья до получения готовой продукции.

Мануфактурный период. Повышенный спрос на товары широкого потребления при стремительном росте городов на исходе средних веков не мог уже больше удовлетворяться одним ремесленным производством, стали появляться мануфактуры. Первые из них возникли в Испании, затем — в Италии, Франции, Голландии и других странах.

С XVI в. стали известны керамические изделия под названиями фаянс (от итальянского города Фаэнца), майолика (от испанского острова в Сре-

диземном море Майорка), делфтский фарфор* (от голландского города Делфт).

Родина фарфора — Китай. Фарфороподобные изделия производили там уже 2 тыс. лет назад. Своего подлинного расцвета китайский фарфор достиг в XV—XVII вв. С развитием мировой торговли он стал в больших количествах поступать в Европу и пользовался особым спросом при королевских дворах.

К началу XVIII в. условия для развития производства фарфора появились также и в Европе. Ремесленное производство было в полном расцвете: скульпторы, художники, ювелиры, гончары, рудокопы и железолитейщики в совершенстве владели значительной частью технологических процессов, которые могли быть использованы в производстве фарфора.

Абсолютистская феодальная знать и буржуазия имели достаточно средств для финансирования мануфактур, платежеспособные потребители были как во дворцах феодалов, так и в городах.

Особенно благоприятные условия для возникновения фарфоровой мануфактуры сложились при Дрезденском дворе. В результате интенсивного развития торговых связей в Саксонии уже на достаточно высоком уровне находились горнорудное дело и техника металлургии. Ремесленники умели использовать высокие температуры для обработки стекла и металла, владели знаниями о полезных ископаемых. Потребности, связанные с представительством Дрезденского двора, способствовали концентрации художественных ремесел. К тому же Саксония располагала большей частью необходимого сырья.

В 1709 г. Иоханну Фридриху Бёттеру при участии естествоиспытателя Э. ф. Чирнхауза удалось создать фарфор. Это привело к основанию в 1710 г. первой европейской фарфоровой мануфактуры в Майсене.

Несмотря на то, что рецепт массы, так называемый арканум, держали в строгом секрете, при многих королевских дворах в Европе очень быстро возникли фарфоровые мануфактуры: в Вене — 1720 г., в Петербурге — 1744 г., Берлине — 1750 г., Нимфенбурге — 1758 г., Копенгагене — 1772 г., Севре — 1775 г.

Первые профессиональные мастера пришли на фарфоровые фабрики из ремесленного производства. Скульпторы (Кирхнер, Кендлер, Бустелли) стали создавать модели, гончары формовать, художники выполнять миниатюры на керамическом черепке. Основу производства составили именно эти профессии: модельщик, формовщик, живописец. Закрепившееся за ними в Майсене название «белая корпорация» свидетельствует о профессиональной гордости этих мастеров.

С развитием капитализма в конце XVIII и в начале XIX вв. в Германии возникло много фарфоровых мануфактур, сначала в Тюрингии, позднее — в других районах. Они стали основой современной крупной фарфоровой промышленности. Старейшие предприятия — это заводы в городах Фолькштедт, Валлендорф и Ильменау.

Особенно благоприятные условия для производства сложились в Тюрингенском Лесу: в районах Рудольштадта, Кала, Ильменау, Нойхаус-Ширшниц имелись хорошие месторождения кварцевых песков; лесные богатства Тюрингенского Леса обеспечивали необходимое топливо; мельницы для измельчения сырьевых материалов приводились в действие энергией воды. В этих промышленно слаборазвитых районах в распоряжении предпринимателей была дешевая рабочая сила.

Промышленный период. В начале XIX в. в Германии начинается стремительная индустриализация, однако производство тонкой керамики еще надолго сохраняет мануфактурный характер. Причина этого заключалась в том, что процесс производства с трудом поддавался механизации из-за непостоянства свойств природных сырьевых материалов и особенностей технологии, обусловливающей большие отклонения размеров полуфабриката и

* Делфтский фарфор на самом деле по составу был фаянсом, первоначально его считали имитацией китайского фарфора. — *Прим. перев.*

готовой продукции, а также из-за хрупкости полуфабриката. Чтобы отдельные этапы производства могли быть механизированы, потребовалось дальнейшее развитие машиностроительной и измерительной техники.

С момента своего возникновения промышленность тонкой керамики представляла собой мелкие и средние предприятия. Долгое время не существовало никаких финансовых предпосылок для проведения исследований и экспериментов с использованием сложных опытных установок. Механизацию усложняли широкий ассортимент изделий, многообразие форм и способов декорирования.

Предприятия строили преимущественно в промышленно отсталых сельских местностях, в так называемых районах бедственного положения. Труд рабочих оплачивался очень низко.

В течение XIX в. возникло много новых предприятий. В начале XX в. стали образовываться концерны и значительно расширился круг потребителей керамических изделий.

Этот этап характеризовался следующими особенностями.

1. Большую, быстро растущую потребность удовлетворяли заводы массового производства, например, в гг. Кала и Триптис. Недорогие изделия выпускали фаянсовые заводы, например в Кольдице, Торгау, Аннабурге. Высококачественную дорогую продукцию вырабатывали на заводах в Майсене, Бланкенхайне, Лихте, Райхенбахе и др.

2. По мере развития промышленности появились новые потребители. Фарфор оказался идеальным материалом для изготовления изоляторов в электропромышленности, благодаря своей химической устойчивости он стал использоваться как материал для резервуаров, трубопроводов и т. п. Сначала некоторые фарфоровые заводы относились к изготовлению изоляторов и химической посуды как к побочному производству, затем стали создаваться специальные предприятия технической керамики в Хермсдорфе, Нойхаус-Ширшнице, Ауме и др.

3. Из-за быстрого роста городов возникла потребность в санитарных изделиях, таких, как умывальники, унитазы, затем плитки, печной кафель и др.

Существенной предпосылкой для механизации керамической промышленности послужило проникновение науки в процессы производства.

Сырье, массы, глазури, керамические краски и процесс обжига подверглись систематическому анализу. Х. А. Зегер (1839—1893 гг.) на основе новейших достижений неорганической химии составил формулу для расчета состава глазури.

Электрификация позволила отказаться от паровых машин с их многочисленными трансмиссиями и обеспечила индивидуальные приводы шпинделей. Для приготовления массы стали применять агрегаты, приводимые в действие двигателями (тяжелые работы остались на загрузке и разгрузке мельниц, на обслуживании фильтр-прессов). Перебивание массы и обтачивание скалок заменили обработкой в вакуум-прессе.

В процесс формования механизация не внесла существенных изменений. Вплоть до 50-х годов принцип формования оставался прежним. По-другому обстояло дело с разделением труда. Оно продолжалось: вместо одной профессии (формовщик) появились две — формовщик и литейщик. Для этого периода характерно разделение сложных операций на более простые и выполнение их рабочими низкой квалификации, чаще всего женщинами. В результате производительность труда повышалась, производство становилось более прибыльным.

Большим достижением в конце прошлого века стало создание туннельных печей, благодаря которым был сделан первый шаг к поточному производству.

До конца XIX в. ручная роспись оставалась доминирующей. Тогда же впервые на заводах массовой продукции сначала робко, а затем все в большем масштабе стали использовать полиграфические способы печати и различные методы нанесения штампа. Второй решительный шаг к механизации декорирования был сделан в 50-х годах нашего столетия при замене кисти

[illegible] для [illegible]. При этом также значительно повысилась производительность труда.

Развитие промышленности тонкой керамики в ГДР. Новый этап развития промышленности тонкой керамики начался в ГДР с построением социалистического общества. Исходной базой были устаревшие, частично разрушенные войной предприятия, на которых десятилетиями не осуществлялось никаких изменений. Одна часть заводов была основана еще до 1[illegible] г., другая часть — между 1880 и 1900 гг. и только около 10 % — после 1930 г. Все здания находились в плохом состоянии, оборудование устарело, почти всюду работали одни горны, условия труда были тяжелые.

Выделенные для промышленности тонкой керамики средства в первые годы восстановления использовали для содержания производства и устранения узких мест. Благодаря неустанным усилиям рабочих и инженеров при интенсивном использовании оборудования был достигнут даже некоторый рост производства.

В конце 50-х годов смогли приступить к реконструкции предприятий промышленности. Были построены новые крупные фарфоровые заводы в Кольдице, Кала и Ильменау. Расширение и реконструкция были осуществлены на заводах в Майсене, Триптисе, Фрайберге, Штадтленгсфельде, Аннабурге и Элстерверде. На предприятиях добычи сырья расширены многие старые карьеры и задействованы новые.

Устаревшие горны почти полностью заменили современными печами — туннельными, щелевыми, камерными с выкатным подом. Механизация и частичная автоматизация на всех этапах производства способствовали уменьшению доли тяжелого физического труда.

В результате создания научно-технического предприятия «Керамика» в Майсене, Института технической керамики в Хермсдорфе, Института теплотехники и автоматизации силикатной промышленности в Йене, исследовательских отделов на комбинатах, исследовательских отделений Академии наук ГДР и высших учебных заведений были заложены научно-технические основы современной промышленности.

Благодаря образованию объединенных предприятий «Кала», «Кольдиц» и «Лихте», закрытию маленьких производственных участков и созданию комбината силикатного сырья «Кемлиц», комбината «Керамические заводы Хермсдорф» были созданы условия для эффективной концентрации и кооперации производства. Передача ряда мелких ранее полугосударственных и частных предприятий в народную собственность стала предпосылкой постепенного подъема также и этих заводов до уровня больших социалистических предприятий. Важнейшим шагом к концентрации стало создание комбината тонкой керамики «Кала», в котором объединены ведущие предприятия. (В приложении даны товарные знаки некоторых фарфоровых и фаянсовых заводов ГДР.)

Международная социалистическая кооперация так же, как и сотрудничество в области научных исследований, особенно с СССР, ЧССР, ПНР и ВНР, все больше углубляются и обеспечивают благоприятные условия для дальнейшего технического развития промышленности тонкой керамики ГДР. Это развитие осуществляется путем централизации таких технологических операций, как помол отощающих материалов, приготовление массы, и выхода производства за пределы одного предприятия, реконструкции старых производственных участков и ликвидации устаревших агрегатов обжига, дальнейшего совершенствования технологии.

Последнее учитывает повышение степени механизации при выравнивании технического уровня отдельных этапов производства; достижение технологической стабильности всех этапов производства как предпосылки для получения стабильно высокого качества продукции; возможность дальнейшего объединения технологических операций, например формования и сушки; внедрение новых технологий (прессования сухого и полусухого порошка, литья под давлением пастообразной массы, электрофоретического осаждения) и отказ от некоторых процессов (например, первого обжига); повы-

шение экономии топливно-энергетических и материальных ресурсов, например путем внедрения однократного, бескапсельного и скоростного способов обжига.

КЛАССИФИКАЦИЯ КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Слово «керамика» древнегреческого происхождения, образованное от греч. keramike (гончарное искусство), от keramos — глина. В древности керамику понимали как гончарное искусство.

Современное значение слова более широкое. Керамика — это все неорганические, неметаллические изделия, полученные из порошкообразных материалов и упрочненные в процессе спекания. Наряду с традиционными керамическими изделиями, такими, как гончарные, фаянсовые, фарфоровые, к керамике относятся многочисленные новые виды продукции, состоящие из оксидов металлов: Al_2O_3, ZrO_2, MgO, Fe_2O_3 и др. Для них характерно следующее:

материал измельчают в порошок, если только он уже не взят в этом виде. Все компоненты массы должны быть насколько возможно гомогенно перемешаны. Для формования в массу добавляют в качестве пластификатора воду или другую жидкость;

изделию придают форму преимущественно в холодном состоянии прессованием или формованием массы при вращении, а также литьем жидкой массы. Способ изготовления зависит от вида и количества пластифицирующих компонентов;

при обжиге полуфабриката происходит спекание материала, т. е. уплотнение и упрочнение массы. Температура обжига зависит от состава массы и требуемых свойств конечного продукта.

Керамические изделия разделяют по свойствам и области применения. За основу приведенной ниже классификации взяты пористость и окраска после обжига: черепок может быть пористым и плотным, белым и окрашенным. К изделиям с пористым окрашенным черепком относятся кирпич, гончарная керамика и майолика, шамотные изделия, строительная керамика, огнеупорные строительные материалы и оксидная керамика. Пористые белые изделия — это фаянс, плитка, оксидная керамика.

Плотный окрашенный черепок имеют каменная керамика, клинкерные изделия, синтолан*. Фарфор характеризуется плотным белым просвечивающим черепком. Тонкокаменная керамика и витрнес-чайна** относятся к изделиям с плотным

* Выпускаемый в ГДР вид тонкокаменной керамики, от слов Sintern (спекание) и Porzellan (фарфор).

** Низкотемпературный фарфор.

белым непросвечивающим черепком. Кроме того, отдельную группу изделий с плотным черепком составляет специальная керамика. Это — стеатитовая, корундовая, магнето- и сегнетоэлектрики, керамические сопротивления и многие другие.

Керамический материал не всегда удается охарактеризовать однозначно. В простейшем случае это возможно, когда измеримы показатели свойств и можно сравнить их граничные значения. Признаком классификации могут быть также состав массы и температурные интервалы обжига отдельных видов изделий. В качестве примера пористого материала можно привести фаянс. В зависимости от состава различают три типа фаянса: известковый, полевошпатовый и смешанный (табл. 1).

1. Составы, %, различных типов фаянса

Компонент	Известковый	Полевошпатовый	Смешанный
Глинистое вещество	40—55	40—55	45—50
Кварц	≈40	55—42	48—42
Полевой шпат	—	5—3	3—1
Известковый шпат	20—5	—	5—7,5

Фаянс	Температура обжига, °С, первого	Температура обжига, °С, второго
Известковый	1060—1150	На 100—200 ниже
Полевошпатовый	1200—1280	
Смешанный	1120—1200	

Показатель открытой пористости, один из характерных признаков этого материала, равен 10—30 % и находится в обратной связи с температурой обжига. Черепок фаянса при хорошей твердости должен быть не очень хрупким, иметь светлую, по возможности белую, окраску. Глазурь должна быть без цека, устойчивой к действию острых предметов, иметь декоративный вид, не выделять свинца и быть водонепроницаемой. Область применения фаянса: от хозяйственных и художественных изделий до плиток и санитарных изделий. Повышением содержания плавней и температуры обжига получают такие плотные материалы, как витриес-чайна.

Свойства керамических материалов можно изменять в соответствии с потребностями. Так, малопрочный фаянс заменили имеющими лучшие свойства синтоланом и витриес-чайна, пористость черепка которых меньше 1 %. Синтолан имеет окраску от цвета слоновой кости до светло-желтой, его покрывают цветной глазурью; витриес-чайна имеет белый цвет. В табл. 2 приводятся составы синтолана, витриес-чайна и фарфора.

2. Составы, %, синтолана, витриес-чайна и фарфора

Компонент	Синтолан	Витриес-чайна	Фарфор
Каолин или глина	40	40—50	50
Кварц	30	20—30	25
Полевой шпат	30	20—30	25
Известковый шпат	—	0—3	—

	Температура обжига, °С, первого	Температура обжига, °С, второго
Синтолан	950	1250—1280
Витриес-чайна	1200—1280	1180
Фарфор	900	1340—1430

Из всех керамических материалов наилучшими свойствами отличается фарфор. Содержание отдельных компонентов в нем может колебаться в широких пределах (например, каолина ±15 %); в зависимости от этого получают твердый или мягкий фарфор. Пористость фарфора менее 1 %. Конечная температура обжига колеблется от 1250 до 1430 °С. Материал характеризуется высокой белизной и просвечиваемостью.

Большое значение имеет способность глазури повышать прочность изделия. Фарфор можно очень богато декорировать. Глазури отличаются высокой устойчивостью к действию острых предметов. Фарфор используют для хозяйственных и художественных изделий, для электротехнических устройств и химической аппаратуры.

Разделение керамики на тонкую и грубую основано на гранулометрическом составе массы. Большая часть каменистых компонентов тонкокерамических масс имеет диаметр частиц менее 100 мкм. Разброс размеров частиц грубокерамических масс более широкий, зерна могут иметь диаметр до 5 мм. Глазурь не относится к отличительным признакам тонкой и грубой керамики, однако для тонкой керамики ее применяют чаще.

КЕРАМИЧЕСКОЕ СЫРЬЕ

Керамическое сырье — это минералы природного происхождения, которые используют после извлечения и в случае необходимости измельчения и обогащения. Сырье выбирают, исходя из технологических свойств и экономических соображений.

Различают глинистое (тонкодисперсное) и каменистое (грубодисперсное) сырье, другие сырьевые и вспомогательные материалы.

Глинистое сырье. Встречается в природе в виде очень мелких частиц. Дополнительное его измельчение требуется только в исключительных случаях. Для глинистого сырья характерна

способность образовывать с водой формуемые смеси, называемые керамическими массами.

Согласно современным представлениям глины образуются при выветривании силикатных пород во время перемещения и в процессе отложения в месторождении. Другая возможность образования глинистых минералов заключена в гидротермальном влиянии горячих углекислых вод на силикатные породы при вулканических процессах. Основные факторы — это pH растворов, соотношения концентраций щелочных и щелочноземельных элементов, а также концентрации железа, алюминия и кремния. На этой основе можно представить в упрощенном виде образование одного из распространенных глинистых минералов — каолинита. В качестве исходного материала выбран калиевый полевой шпат (ортоклаз) *.

Выветривается калиевый полевой шпат $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$, выносятся K_2O и $4SiO_2$, добавляется $2H_2O$. В результате образуется каолинит $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$.

Различают первичные и вторичные месторождения глинистых сырьевых материалов. Если продукты выветривания остаются лежать в месте своего образования и вымываются только водорастворимые составляющие, то такое месторождение называется первичным, а сырьевой материал каолином. Обычно каолины отличаются чистотой, особенно если гуминовые растворы вымыли соединения железа. Перемещение продуктов выветривания (чаще всего водой) приводит к образованию вторичных месторождений. Глинистое сырье вторичных месторождений — глины — отличаются от первичных каолинов зерновым и минеральным составом. Захваченные в процессе перемещения и отложения глинистого сырья вещества по-разному влияют на свойства глин. Одни из них могут улучшить, другие ухудшить сырье. Примером может служить изменение формовочных свойств глин под воздействием коллоидов и песка. Некоторые месторождения настолько изменяются при вторичном переотложении, что сырье получает другое название. Глина с высоким содержанием песка называется суглинком. Если увеличено содержание известняка, доломита или гипса, то это мергель. Лёссом называют тонкодисперсную смесь глинистых минералов, кварца, полевого шпата и известняка. Следует особо отметить еще один тип глинистого материала — бентонит — продукт разложения вулканических, часто газосодержащих, пород.

В ГДР достаточно большие запасы глин и каолинов. Основные месторождения каолинов расположены в Саксонии, между Лейпцигом и Дрезденом, в районе Ошаца. Разработку этих месторождений проводит комбинат силикатного сырья «Кем-

* В другой интерпретации: $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 +$ [illegible]$H_2O + H_2CO_3 \rightarrow Al_2O_3 \times 2SiO_2 \cdot 2H_2O + K_2CO_3 + 4H_4SiO_4$ ортоклаз + вода + угольная кислота → каолинит + поташ + ортокремневая кислота.

млиц». Другие месторождения находятся в округе Галле (Зальцмюнде, Шпергау, Рёблинген), вблизи Майсена (Зайлиц-Лётхайн) и в Восточной Саксонии в районе Баутцена (Каминау).

Каолины Восточной Саксонии в основном используются в бумажной промышленности. Небольшая часть каолинов импортируется из ЧССР. В Европе значительными запасами каолинов располагают СССР, ФРГ, Великобритания и Франция.

Глины в ГДР залегают в следующих местностях: Хазельбах, Брандис, Вурцен, Торгау, Бад-Шмидеберг, Каменц, Баутцен, Ниски, Лётхайн, Бенштедт, Профен и Росбах. Бентониты в ГДР не встречаются. Важнейшие их месторождения находятся в СССР, ЧССР, СФРЮ, ВНР и ФРГ.

Состав глинистого сырья ограничен девятью элементами, наиболее распространенными в земной коре, гидро- и атмосфере. Наряду с алюминием, кремнием, кислородом и водородом присутствуют также в небольшом количестве щелочные (Na, K) и щелочноземельные (Mg, Ca) металлы, а также железо. Глинистые минералы участвуют в образовании почвы, размер их частиц 2 мкм, они способны к гидратному и ионному обмену, обусловливают важнейшее свойство керамических масс — формуемость.

Начиная с 40-х годов глинистые материалы исследуют преимущественно с помощью микроструктурного рентгеновского анализа. Встречается более 30 видов минералов, важнейшие из которых каолинит $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$, галлуазит $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \times 2H_2O + H_2O$, монтмориллонит $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O \cdot nH_2O$*, иллит и смешанослойные минералы, отличающиеся переменным химическим составом.

Каолинит, как и галлуазит, относится к двухслойным минералам, кристаллическая решетка которых образована из тетраэдрического и октаэдрического слоев. Формулу каолинита часто используют для обобщенного обозначения чистых каолинов и глин.

Монтмориллонит состоит из тетраэдрического, октаэдрического и тетраэдрического слоев. В слои этого трехслойного минерала могут внедряться катионы и молекулы воды, поэтому монтмориллонит отличается хорошей набухаемостью.

Иллиты относятся к наиболее часто встречающимся глинистым минералам, они могут возникнуть в результате превращения мусковита или других минералов. Кристаллическая решетка иллита также трехслойная.

Смешанослойные минералы — это глинистые минералы с расположением слоев переменного состава.

Все многообразные явления, связанные с набуханием и усадкой, формованием и литьем глин, объясняются их взаимо-

* Теоретическая формула, в пределах которой варьируют минералы группы монтмориллонита. — *Прим. науч. ред.*

действием с водой. Глины характеризуются необыкновенно тонкой и разветвленной сетью капилляров, которая обусловливает их большую водопоглощающую способность. Добытые глины могут содержать 10—15 % воды, а каолин 19—20 %. Одновременно с поглощением воды глины увеличиваются в объеме, набухают.

Специфическое свойство глин и каолинов — при определенном влагосодержании приобретать способность к формованию, т. е. формуемость*. Чем меньше усилие надо приложить для достижения остаточной деформации, тем лучше формовочные свойства глины.

Формование керамических масс путем вращения, расплющивания, вытягивания основано на этом свойстве, которое не исчезает при добавлении к глине каменистых материалов. Как правило, керамические массы представляют собой смесь глинистого сырья — глин и каолинов — с каменистыми материалами — кварцем, полевым и известковым шпатом.

Причину формуемости пытались установить многочисленными экспериментами. Это свойство обусловлено скольжением отдельных частиц вдоль их водных оболочек без нарушения сцепления. Оно зависит от размера, формы и химических свойств глинистых частиц, химических и физических свойств воды, а также от присутствия некоторых примесей.

Все глинистые минералы тонкозернисты. Для каолинита и монтмориллонита характерна пластинчатая структура. В электронном микроскопе можно отчетливо различить шестиугольные пластинки, размеры которых зависят от месторождения материала и способа его обогащения. Пластинки очень мелкие: диаметр 1—2 мкм, толщина 0,01 мкм. Замечено, что формовочные свойства глин тем лучше, чем меньше и тоньше эти пластинки.

Вещества, не имеющие пластинчатой структуры, например кварц, даже при сверхтонком помоле не проявляют формовочных свойств.

Глинистые частицы способны удерживать на своей поверхности молекулы воды, благодаря чему на ней образуется слой геля. В экспериментах возможно заменить воду другими жидкостями. При этом оказывается, что жидкости, содержащие группы Н— или ОН—, например спирты или кислоты, также придают глинам формуемость.

Вода — жидкость с очень высоким поверхностным натяжением. Две влажные плоские отшлифованные стеклянные пластинки, хотя и легко сдвигаются относительно друг друга, но с большим трудом могут быть разъединены. Аналогично можно представить и притяжение каолинитовых пластинок. Маленькие частицы прижимаются поверхностным натяжением, они сдвигаются друг относительно друга, но не теряют сцепления.

На формовочные свойства влияют также коллоиды. Благодаря таким органическим коллоидам, как гумусовые или гуминовые вещества или таннин, формовочные свойства глин улучшаются. Бактерии и водоросли, встречающиеся в воде или почве, также воздействуют на них. На этом явлении основан очень старый способ улучшения формуемости керамических масс при длительном хранении во влажном состоянии, называемый вылеживанием.

Наряду с формованием во влажном состоянии керамические массы поддаются разжижению и литью. Глины и каолины можно настолько разжижить в относительно небольшом количестве воды, что они хорошо льются. Получающиеся таким способом суспензии относятся к вязкотекучим. От данного свойства зависит пригодность глин для шликерного литья.

Разжижаемость, так же как и формуемость, зависит от физических и химических свойств глинистых минералов и воды. В воде глинистые частицы несут электрический заряд. В электрическом поле они перемещаются к положительному полюсу (аноду), что позволяет обогащать таким способом каолины. В настоящее время технологический процесс, называемый электрофорезом, вследствие высокой стоимости электроэнергии и наличия более эффективных способов обогащения в промышленности не используется.

Отрицательно заряженные в воде глинистые частицы были объектом многих исследований. В настоящее время доказано, что молекула каолинита электрически нейтральна и свой отрицательный заряд она приобретает благодаря адсорбированным из воды ионам ОН. Поверхность глинистой частицы окружена водными молекулами. Если в глину добавить небольшое количество щелочи, то она становится более жидкотекучей. Указанное явление издавна известно. В качестве разжижителей чаще всего добавляют в шликер карбонат натрия и жидкое стекло.

В течение всего технологического процесса на всех переделах производства происходят потери продукции из-за разбивания полуфабриката. Особенно непрочны сырые необожженные изделия, поэтому значительное количество боя появляется на формовочном участке. Такие отходы называют сушьем. Их количество зависит не только от формы и толщины черепка, но и от прочности массы в сухом состоянии, т. е. прочности отформованного и высушенного изделия. Всегда предпочти-

* Авторы книги не пользуются по отношению к глинам и керамическим массам термином пластичность — Plastizität, заменяя его синонимом Bildsamkeit, который мы переводим в данном случае как формуемость, основываясь на упоминании в одном из сокращенных при переводе книги разделов о том, что Bildsamkeit (формуемость) — это специфическое свойство керамических масс, существенно отличающееся от Plastizität (пластичности). ABC Keramik. — Leipzig: Verlag für Grundstoffindustrie, 1974. — *Прим. перев.*

тельна высокая прочность, тогда изделия можно обрабатывать и транспортировать без больших потерь.

Прочность массы в сухом состоянии зависит от состава массы (особенно содержания глинистых материалов), типа используемых глин и каолинов, типа и размера зерен каменистых материалов, приготовления и хранения массы, способа формования, степени сушки, плотности упаковки частиц, добавки разжижителей.

Прочность в сухом состоянии находится в прямой зависимости от формуемости. Глины с хорошими формовочными свойствами имеют высокую прочность. Каменистые сырьевые материалы, не обладающие формуемостью, практически не имеют никакого сцепления.

Благодаря таким технологическим приемам, как хранение каолина в суспензии или длительное вылеживание массы, улучшается формуемость и повышается прочность в сухом состоянии. Важно также хорошо удалить воздух из массы в вакуум-прессах. Отлитые изделия отличаются более высокой прочностью, чем отформованные. Добавляемые в литейные массы разжижители действуют одновременно как упрочнители. Для снижения отходов требуется хорошее высушивание полуфабриката, который в полусухом состоянии менее прочен, чем в абсолютно сухом.

В последние годы в производстве фарфоровой посуды стремятся уменьшить толщину черепка. Одновременно повышается его чувствительность к механическим воздействиям. Поэтому необходимо изыскивать пути повышения прочности материала в сухом состоянии, что может быть достигнуто подбором глин и каолинов, а также способа приготовления масс.

Керамические изделия приобретают такие свойства, как прочность, твердость, окраска и плотность, только в результате обжига. Поэтому необходимо знать, как поведут себя отдельные сырьевые материалы во время обжига. При этом усадка, спекание, прочность, химическая устойчивость отдельных минералов проявляются по-разному.

Рассматривая изменения свойств глин и каолинов в процессе обжига, изготовленных из них изделий, можно отметить следующие особенности.

При нагревании отформованных изделий сначала продолжается усадка. Даже если изделия высушены при температуре 110 °С до постоянной массы, они имеют остаточную влагу. Это слой геля на поверхности частиц, из которого вода выделяется только при температуре до 600 °С. С выходом воды наблюдается дополнительная усадка изделия. Затем при температуре 430—600 °С начинает выделяться химически связанная вода. Процесс можно представить на примере каолинита следующим образом:

$$Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O \rightarrow Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 + 2H_2O$$

Каолинит разлагается, остается метакаолинит, начинается образование черепка. Процесс сопровождается эндотермической реакцией. Различные глины отдают разное количество воды. Каолины с высоким содержанием глинистого вещества выделяют больше воды, чем каолины с низким содержанием. При дальнейшем нагревании метакаолинит распадается на шпинель и аморфный кремнезем при температуре 925 °С с сильным экзотермическим эффектом

$$\underset{\text{Метакаолинит}}{6(Al_2O_3 \cdot 2SiO_2)} \rightarrow \underset{\text{Шпинель}}{3(2Al_2O_3 \cdot 3SiO_2)} + \underset{\text{Аморфный}}{3SiO_2}$$

Это приводит через образование переходной формы муллита при температуре 1050 °С

$$\underset{\text{Шпинель}}{3(2Al_2O_3 \cdot 3SiO_2)} \rightarrow \underset{\text{Переходная форма муллита}}{3(2Al_2O_3 \cdot 2SiO_2)} + \underset{\text{Переходная форма кристобалита}}{3SiO_2}$$

к возникновению, начиная с температуры 1200 °С, муллита

$$\underset{\text{Переходная форма муллита}}{3(2Al_2O_3 \cdot 2SiO_2)} \rightarrow \underset{\text{Муллит}}{2(3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2)} + \underset{\text{Кристобалит}}{2SiO_2}$$

Освобождающийся оксид кремния (IV) поглощается расплавом полевого шпата. В керамическом черепке муллит можно различить в виде мелких игольчатых кристаллов.

Все перечисленные реакции обусловлены не только температурой обжига, но и скоростью нагревания. Данная особенность имеет большое практическое значение. Длительным обжигом при более низкой температуре можно достичь такого же эффекта, как и коротким обжигом при более высокой температуре.

Процесс образования керамического черепка — это реакция во времени. В связи с тем что отдельные компоненты находятся в твердом состоянии, реакции между ними протекают также и в твердой фазе, в результате чего продолжаются очень долго и почти никогда полностью не завершаются. В керамическом черепке термодинамическое равновесие между отдельными фазами чаще всего не устанавливается.

Таким образом, усадка, пористость и другие свойства зависят от скорости нагревания и температуры обжига.

Степень уплотнения определяют по водопоглощению. Если глины способны поглотить большое количество воды, значит они спеклись мало. Спекание может происходить до полного уплотнения. При этом говорят об остекловывании черепка. Водопоглощающие способности остеклованного черепка практически равны нулю. Такой плотный черепок имеет твердый фарфор. Но и здесь не происходит окончательного уплотнения, так как внутри черепка остаются закрытые поры. От-

крытых пор в высококачественном твердом фарфоре не должно быть.

Фарфор особенно ценится своей белизной. Показатель белизны — один из существенных признаков качества. Поэтому пригодность каолинов и глин для изготовления фарфора оценивают по окраске, которую они принимают после обжига. Часто она существенно отличается от цвета в необожженном состоянии.

Окраска после обжига зависит от органических и минеральных примесей (особенно пирита, FeS_2, оксидов и гидроксидов железа, кальция, титана, ванадия и марганца), размера зерен перечисленных примесей, температуры и режима обжига.

Очень важно, чтобы органические примеси выгорали в обжиге без остатка, а неизбежный остаток не давал окраски. Особое значение имеют соединения железа. Даже незначительные следы железа вызывают появление желтоватых и коричневатых оттенков, что ухудшает качество черепка. В фарфоровом производстве много неприятностей доставляют коричневые включения железа («мушка»), попадающие в черепок или на его поверхность с железной пылью. Незначительное количество соединений железа содержится во всех каолинах. Они оказываются в массе также вместе с водой. Желтоватая окраска черепка обусловлена, однако, не только железом, но и соединениями титана.

Соединения ванадия придают желтовато-зеленую окраску, которая появляется в виде пятен. Марганец вызывает коричневато-черный оттенок. Эти соединения встречаются в глинах очень редко.

Каменистое сырье. В эту группу входят все сырьевые материалы, которые не образуют с водой смесей, способных формоваться. По своему воздействию различают отощающие материалы и плавни, причем некоторые материалы могут одновременно быть и теми и другими.

В земной коре полевые шпаты составляют около 60 %. Они возникли вместе с магматическими горными породами и находятся в образовавшихся из них осадочных или метаморфических горных породах. Жильная порода — пегматит — представляет собой важнейший исходный материал для добычи полевого шпата. Пегматит состоит из минералов: полевого шпата, кварца и слюды в виде хорошо образованных, иногда очень больших, кристаллов. Лучшие пегматиты встречаются в Норвегии, Швеции и Финляндии. В ГДР для изделий технической керамики разрабатывается небольшое месторождение вблизи Майсена.

При выветривании магматических пород образуются полевошпатовые пески, имеющие промышленное значение при содержании полевого шпата более 20 %. Месторождения таких

песков имеются в ГДР вблизи Кола, Нойхаус-Ширшница и Бланкенхайна.

В связи с истощением запасов полевых шпатов в ГДР его импортируют из скандинавских стран. Другие месторождения расположены в СССР, СРР, СФРЮ, ФРГ и др.

В природе встречаются полевые шпаты следующих основных типов: калиевый $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ — ортоклаз, натриевый $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ — альбит, кальциевый $CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ — анортит.

Последние термины — это минералогические обозначения силикатов, кристаллизующихся в моноклинной и триклинной формах. Чистые полевые шпаты встречаются очень редко и не имеют практического значения для керамического производства. Все три перечисленных типа в природе находятся в смешанном виде. Твердость по шкале Мооса составляет около 6, плотность полевых шпатов колеблется в пределах 2,5—2,6 г/см^3. Окраска изменяется от светло-серой до желтоватой и розоватой. Часто свежий излом имеет сильный блеск и хорошо различимые плоскости спайности. Если полевые шпаты имеют повышенное содержание соединений железа и марганца, то они непригодны для керамического производства. Как и все силикаты, они растворяются только плавиковой кислотой.

Полевые шпаты используют в керамике в качестве плавней, однако до обжига они действуют в массе как отощающие материалы. При обжиге проявляется свойство полевых шпатов размягчаться при определенной температуре не сразу, как, например, свинец при температуре 327 °C, а в широком интервале температур (интервал плавления) переходить постепенно из вязкотекучего состояния в жидкотекучее. Особенно отчетливо это заметно на чистом калиевом полевом шпате. Он начинает размягчаться при температуре 1170 °C и только при температуре 1540 °C становится жидкотекучим. Температура начала плавления чистого натриевого полевого шпата составляет 1120 °C.

Интервал плавления смесей полевых шпатов расширяется с увеличением содержания в них калиевого полевого шпата.

В массе полевой шпат первым начинает расплавляться и растворять другие компоненты. Он диффундирует в черепок, при достаточном количестве закрывает поры и участвует в образовании муллита. В табл. 3 приведены составы полевых шпатов и полевошпатовых пород.

Кварц. Кварц по распространенности (12 %) занимает третье место среди минералов магматических горных пород. Он присутствует почти во всех геологических формированиях. Большая устойчивость к химическим воздействиям приводит к тому, что кварц разрушается путем механического выветривания или в незначительных количествах растворяется в воде. В результате образуются такие осадочные формы, как залежи

3. Составы, %, полевых шпатов и полевошпатовых пород

Материал	Глинистые минералы	Кварц	Полевой шпат	Щелочесодержащие соединения	Соединения железа
«Алавус» (Финляндия)	4,1	7,1	88,8	15,04	0,1
«Нора А» (Норвегия)	4,3	7,6	88,1	14,93	0,1
Полевой шпат из Нойхаус-Ширшница	11	59,3	29,7	5,01	0,3
Полевошпатовый песок					
из Бланкенхайна	6	70,4	23,6	4,92	0,2
из Кала	5,6	69,1	25,1	—	—
Фельзитовый порфир из Ломмач	21,4	43,2	35,4	6,60	1,6

песка, песчаники или остатки кремневых водорослей, например диатомитовый ил.

Возможны также превращения осадочного песчаника в кварцит. Несмотря на широкое распространение, оксид кремния (IV) может быть использован для производства керамики только в том случае, если он содержит мало примесей, особенно соединений железа. Как и в полевые шпаты, в кварц загрязнения вносятся с биотитом, другими силикатами, карбонатами, гидроксидами или оксидами.

Месторождения кварца в ГДР совпадают с месторождениями полевошпатовых песков. Кроме того, имеются в одинаковой степени важные для стекольной и керамической промышленности залежи кварцевого песка в месторождении Хоэнбокка вблизи Каменца с содержанием более 99 % SiO_2 и 0,008 % железа, а также месторождение Вальбек-Веферлинген.

Кварц SiO_2 состоит из двух наиболее часто встречающихся в твердой земной коре элементов — кислорода и кремния. Важнейшие свойства соединения: твердость по шкале Мооса 7, плотность 2,65 г/см³, очень хорошая химическая устойчивость (за исключением устойчивости к действию плавиковой кислоты и щелочей), практическая нерастворимость в воде. Оксид кремния (IV) — полиморфен, он может быть в нескольких кристаллических формах (модификациях). Эти формы проявляются с повышением температуры при постоянном давлении, т. е. в условиях обжига (табл. 4). Переходы из одной формы в другую происходят в твердом состоянии и представляют собой переориентацию элементарных составляющих кристалла. Превращения осуществляются при точно известных температурах (точках превращения). Кварц, точнее β-кварц, или низкотемпературный, представляет собой модификацию, которая

устойчива до температуры 573 °С, а затем переходит в α кварц (табл. 4).

Другие модификации и точки их превращения представлены ниже:

$$\beta\text{-кварц} \underset{}{\overset{573\,°C}{\rightleftarrows}} \alpha\text{ кварц} \overset{870\,°C}{\rightleftarrows} \alpha\text{-тридимит} \overset{1470\,°C}{\rightleftarrows}$$

$$\rightleftarrows \alpha\text{-кристобалит} \overset{1713\,°C}{\rightleftarrows} \text{расплав}$$

4. Плотность модификаций SiO_2

Модификация кварца	β-кварц	α-кварц	α-тридимит	α-кристобалит	Кварцевое стекло
Плотность, г/см³	2,65	2,60	2,30	2,33	2,20

Так же как и кварц, имеют модификации тридимит α, β, γ, кристобалит α и β. Взаимные переходы осуществляются быстро и самопроизвольно. В отличие от них скорость превращения кварца в тридимит и тридимита в кристобалит очень мала, а процесс происходит в присутствии минерализаторов. В результате при охлаждении расплав SiO_2 переходит хотя и в менее стабильную при этой температуре, но быстрее образующуюся модификацию

$$\gamma\text{-тридимит} \overset{117\,°C}{\rightleftarrows} \beta\text{-тридимит} \overset{163\,°C}{\rightleftarrows} \alpha\text{-тридимит}$$

$$\beta\text{-кристобалит} \overset{230\,°C}{\rightleftarrows} \alpha\text{-кристобалит}$$

Тридимит, как предполагают, вообще существует только в присутствии примесей. Таким образом, чистый оксид кремния (IV) встречается только в модификациях α-кварц, β-кварц и α-кристобалит.

На основании сведений, полученных в предыдущих разделах, можно сделать выводы о применении кварца. В необожженном состоянии он отощает керамическую массу, препятствует деформации полуфабриката при сушке и снижает усадку. В обожженном состоянии происходят его модификационные превращения. Они приводят к объемным изменениям, к так называемым объемным скачкам, которые при неблагоприятном распределении кварца в массе могут вызвать разрушение полуфабриката. При превращении β-кварца в α-кристобалит и обратно в β-кристобалит объем материала увеличивается на 14 %. Чтобы модификационные превращения осуществлялись

как можно быстрее, оксид кремния (IV) надо вводить в некристаллическом (аморфном) виде.

В качестве кварцевого сырья для фарфора часто служат пески, кроме того сами каолины содержат некоторое количество кварца. Входящий в состав этих компонентов β-кварц во время обжига превращается в кристобалит. Благодаря тонкому помолу скорость превращения увеличивается. Участие кварца в процессе образования черепка заключается в том, что при температурах выше 1000 °C он образует расплав с оксидами-плавнями. По мере растворения SiO_2 расплав становится все более вязким, с типичным для фарфора широким интервалом плавления. Кварц обеспечивает устойчивость материала во время обжига и снижает его огневую усадку. В качестве стеклообразующего компонента его используют для изготовления почти всех глазурей и красок.

Другие сырьевые и вспомогательные материалы. В общем все вещества, содержащие оксиды щелочных и щелочноземельных металлов, можно отнести к плавням. Из них карбонаты представляют собой наиболее подходящую группу. При нагревании они разлагаются на оксид соответствующего металла и оксид углерода (II), который выделяется в виде газа. Точка плавления оксидов некоторых металлов очень высока (например, CaO — 2570 °C, MgO — 2800 °C), поэтому их можно использовать в качестве сырья для изготовления огнеупорных изделий.

Если происходит реакция между оксидом кремния (IV) и оксидом алюминия, то образуются силикаты и алюмосиликаты, действующие, как плавни. Аналогично действуют нитраты, при термической диссоциации которых выделяется оксид азота.

При использовании этих сырьевых материалов необходимо следить за их равномерным и тонким распределением в массе. Особенно подвержены опасности разрушения пористые изделия, так как при скоплении, например, оксида кальция и при добавлении воды может образоваться гидроксид кальция. Этот процесс, проходящий с увеличением объема, может разрушить изделие. Образующиеся таким путем силикаты представляют собой очень агрессивные плавни.

Оксид алюминия Al_2O_3 часто называют глиноземом. В природе он входит в состав многих пород, в чистом виде встречается как минерал корунд, в форме рубина и сапфира. В качестве сырья для получения глинозема используют боксит. Силикатные бокситы, так же как и глинистые минералы, образовались из таких пород, как гранит, порфир и базальт. Известковыми называют такие бокситы, которые залегают на карбонатном основании. Происхождение их еще окончательно не установлено. Для ГДР имеют значение добываемые в Венгрии в закрытых шахтах известковые бокситы. Наряду с гидратом глинозема они содержат до 25 % соединений железа,

до 15 % кварца и другие соединения. Потери при прокаливании могут составлять до 25 %. Кроме ВНР, бокситы добывают в СССР (известковые бокситы), ЧССР, СФРЮ, Испании, Франции, Южной Америке (силикатные бокситы) и в других странах. При низком содержании железа бокситы можно после прокаливания использовать в качестве источника глинозема для шамота. Прокаленный боксит используют также в качестве исходного материала для получения в электродуговых печах при температуре около 3000 °C электрокорунда с содержанием примерно 95 % Al_2O_3, который применяют в огнеупорном и абразивном производствах. Для технической керамики электрокорунд получают таким же путем из чистого глинозема. Температура плавления этого корунда 2050 °C, твердость по шкале Мооса 9, плотность 4 г/см³; при температуре 1000 °C он считается наиболее прочным материалом.

Гидраты глинозема при нагревании переходят в растворимый в кислотах γ-глинозем, который снова превращается при температуре 700—1000 °C в α-глинозем, т. е. в корунд. Оксид алюминия в керамических массах повышает механическую прочность, устойчивость к действию температур, огнеупорность и прочность на пробой.

К огнеупорным материалам относят материалы, которые при высоких термических и механических нагрузках почти не изменяют форму, не деформируются. К ним причисляют шамот, кордиерит, карбид кремния и электрокорунд.

Шамот — это обожженная глина. Пригодные для него глины должны содержать большое количество оксида алюминия (глинозема) и незначительное количество плавней. Свойства шамота класса А приведены ниже.

Содержание глинозема и оксида титана, %, не менее	42 (в том числе до 3% TiO_2)
Содержание, %	
оксидов калия и натрия, не более	2
оксидов кальция и магния, не более	1,2
Огнеупорность, °C, не менее	1730
Потери при прокаливании, %, не более	22

Имеет значение и зерновой состав.

Различают слабообожженный шамот (температура обжига 600—900 °C), который в массах претерпевает усадку, и высокообожженный шамот (температура обжига 1300 °C) который не испытывает в дальнейшем усадки.

Кордиерит создан наподобие минерала того же названия состава $2MgO \cdot 2Al_2O_3 \cdot 5SiO_2$. Его получают из каолина, глины, стеатита и глинозема. К достоинствам относится низкий температурный коэффициент линейного расширения $12 \cdot 10^{-7}$ °C^{-1}, к недостаткам — узкий интервал плавления в области температур 1300 °C. Кордиерит пригоден в качестве добавки к шамоту или может быть использован как фарфороподобный материал для изготовления жаростойкой посуды (кордофлам).

Карбид кремния SiC — синтетический продукт, который получают из кварцевого песка и углерода в электрических печах с использованием в качестве разрыхляющих и очищающих средств опилок и хлорида натрия. Наряду с высокой твердостью по шкале Мооса 9,1—9,5 карбид кремния

отличается устойчивостью к действию высоких температур (до 2000 °С), очень хорошей теплопроводностью, электропроводностью и низким температурным коэффициентом линейного расширения $40 \cdot 10^{-7}\,°C^{-1}$. Этот часто используемый для огнеприпаса материал вреден для масс и глазурей: он вызывает огневые дефекты в виде окрашивания, а при тонком распределении в глазури — наколы. SiC применяют для изготовления нагревателей, муфелей и шлифовальных кругов.

В области температур, обычных для промышленности тонкой керамики, огнеупорные материалы не подвергаются деформации.

Воду следует очищать от взвесей и растворенных веществ. Очистку воды от взвесей можно проводить с помощью отстойников, осветлителей и фильтров.

Способы очистки воды от растворенных веществ более разнообразны и сложны. Из способов снижения жесткости следует упомянуть способы, основанные на принципе ионного обмена, по которому образующие жесткость ионы кальция и магния обмениваются на ионы натрия или же их соли удаляются полностью — происходит опреснение, деминерализация воды. Это способы пермутитовый, вофатитовый, кальконобый и с помощью трилона Б.

Для керамического производства необходима вода, не содержащая соединений железа, имеющая низкую жесткость и постоянный pH.

Гипс $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ (дигидрат сульфата кальция) — породообразующий минерал — возник 200—250 млн. лет назад в триасовый и пермский периоды. По эпохе образования различают гипсы кейперовый (верхний триас), известняковый (средний триас), пестро-песчаниковый (нижний триас) и цехштейновый (верхняя пермь).

Гипс встречается в различных видах: гипсовый камень, алебастр, волокнистый гипс, селенит и др. Гипсу сопутствуют доломит, известняк и глина. Месторождения гипса в ГДР расположены вблизи Нордхаузена в Южном [illegible] Песнеке в Тюрингии.

[illegible] в карьере гипс или алебастр сначала грубо, а затем мелко [illegible]. В [illegible]варочных котлах или автоклавах при температуре [illegible] почти 75 % кристаллической воды. При этом кри[illegible] и образуются α- и β-полугидраты. Первый полу[illegible]ственно в автоклавах, второй — в гипсоварочных котлах. [illegible] различаются по технологическим свойствам, обычно более [illegible] считают α-полугидрат. Термическое обезвоживание обратимо, что можно представить следующим образом:

$$\underset{\text{Дигидрат}}{CaSO_4 \cdot 2H_2O} \overset{120-140\,°C}{\rightleftarrows} \underset{\text{Полугидрат}}{CaSO_4 \cdot 0{,}5H_2O} + 1{,}5H_2O$$

Этот процесс обжига — обратный процессу схватывания. При дальнейшем повышении температуры выделяются остатки кристаллической воды. В зависимости от исходного материала, температуры обжига и способа обработки получается штукатурный (или отделочный) гипс, эстрихгипс и мраморный гипс.

Пластмассы находят все большее применение в технологии керамики. Их используют в виде лаков, жидкотекучих смол, пресс-порошков, готовых изделий в виде пластин, пленок, трубок и других предметов, с наполнителями и без них, а также в виде тканей. В целом эти синтетические продукты характеризуются хорошей «совместимостью» с керамической технологией: они сгорают без остатка, не подвергаются коррозии и гниению, имеют хорошие адгезионные свойства и обладают достаточной прочностью.

В промышленности тонкой керамики пластмассы используют для изготовления форм и оснастки. Наряду с термопластами — ПВХ, полиэтиленом, полиуретаном — все большее значение приобретают реактопласты — фенольные и эпоксидные смолы, силиконовые каучуки.

В качестве добавок, регулирующих формовочные свойства масс, используют различные материалы. Эти добавки связывают компоненты массы, переводят их в пригодную для формования консистенцию и позволяют полуфабрикату сохранить приданную форму до начала действия керамических связей. Критерии выбора той или другой добавки — сгорание без остатка, низкая стоимость и хорошие технологические свойства. Для этого используют органические и неорганические вещества в виде эмульсий и гелей: моногидрат алюминия, альгинаты натрия и аммония, декстрин, лигнин, метил- и этилцеллюлозу, парафины (при сухом прессовании) и поливиниловый спирт.

Вероятно, нет такой отрасли промышленности, в которой негодная продукция полностью уходила бы в отходы. Различными способами материал возвращается в производство. Возникающий в процессе производства бой керамических изделий, так же как и полуфабрикат с дефектами формования, после измельчения может быть добавлен в массу. Формовочные обрезки и сушье — это первая группа отходов, возвращающихся на участок приготовления массы. Отходы первого обжига поступают на измельчение в шаровую мельницу. Обычно их бывает немного. Бой политых изделий можно перерабатывать только после предварительной сортировки. Все изделия с пятнистостью, выплавками, мушкой и засоркой следует выбрасывать. После измельчения на бегунах политой бой загружают в шаровую мельницу. Глазурь действует как плавень, поэтому ее количество следует учитывать в рецепте.

Отходы первого и второго обжигов отощают массу и содействуют созреванию черепка во время обжига. Их вводят в литейный шликер, формовочные массы и фарфоровые глазури.

Сырье для глазурей. Сырьем для глазурей может быть большое количество природных и синтезированных материалов. Строго говоря, сырье для глазурей должно представлять собой смесь оксидов, которая в результате плавления превращается в стеклоподобное покрытие, защищающее изделие. При этом следует учитывать формулу Зегера, согласно которой оксиды подразделяются на кислотные, основные и амфотерные.

Кислотными называют оксиды со степенью окисления (IV) и некоторые со степенью окисления (III). В табл. 5 приведен перечень сырья для них.

Сырье следует рассматривать с учетом этой классификации оксидов.

Некоторые сырьевые материалы содержат два и больше оксида, поэтому их надо вводить согласно расчету по формуле Зегера.

Окрашивающие оксиды используют в качестве красителей и пигментов.

Оксиды со степенью окисления (I) и (II) относятся к ос-

5. Свойства сырья, содержащего кислотные оксиды

Сырье	Оксид	Свойства
Кварц	SiO_2	Основное стеклообразующее вещество, улучшает термостойкость, повышает кислотоустойчивость (кроме HF), практически водонерастворим
Борная кислота	B_2O_3	Важное стеклообразующее вещество, обеспечивает блеск глазурей, снижает температурный коэффициент линейного расширения и вязкость при высоких температурах, повышает твердость поверхности, водорастворим
Тетраборат натрия	$Na_2O \cdot B_2O_3$	Водорастворим

новным. В табл. 6 приводится важнейшее сырье для основных оксидов.

6. Свойства сырья, содержащего основные оксиды

Сырье	Оксид	Свойства
Калиевый полевой шпат	K_2O, Al_2O_3, SiO_2	См. раздел «Полевые шпаты»
Натриевый полевой шпат	Na_2O, Al_2O_3, SiO_2	Применяется реже калиевого полевого шпата, не отличается широким интервалом температур плавления
Карбонат натрия (сода)	Na_2O	Водорастворим, легко разлагается
Карбонат калия (поташ)	K_2O	Водорастворим
Нитрат натрия (натриевая селитра)	Na_2O	Водорастворим, при нагревании выделяет кислород и азот
Нитрат калия (калиевая селитра)	K_2O	То же
Карбонат кальция (мел, кальцит)	CaO	Выше температуры 1050 °С энергичный плавень, уменьшает склонность к образованию волосяных трещин
Магнезит	MgO	Повышает тугоплавкость глазурей
Доломит	MgO, CaO	Действует как мел и магнезит
Витерит	BaO	Улучшает плавкость глазурей, ядовит
Оксид цинка (II)	ZnO	Оказывает небольшое флюсующее действие, улучшает термостойкость
Оксид свинца (II) (глет, свинцовый сурик)	PbO	Улучшает плавкость легкоплавких глазурей, способствует блеску, ядовит

К амфотерным относятся оксиды металлов со степенью окисления (III). Красящие оксиды этой группы будут рассмотрены в разделе «Декорирование». Амфотерные оксиды Al_2O_3 и SiO_2 входят в состав каолина $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$. Каолин препятствует осаждению суспензии, в больших количествах увеличивает усадку, повышает тугоплавкость и химическую устойчивость глазурей.

Сырье для глазурей — это в основном природные и синтезированные материалы в виде силикатов, карбонатов, боратов, нитратов, более редких фосфатов и сульфатов щелочных и щелочноземельных металлов, а также соединения свинца.

ДОБЫЧА СЫРЬЯ

Каолин и глины. До начала освоения месторождения проводят его полное геологическое обследование для определения протяженности, мощности, качества и наиболее благоприятного места вскрытия. Запасы месторождения сначала должна утвердить Центральная комиссия по запасам минерального сырья ГДР. Такой порядок призван предотвратить ошибки в оценке месторождения.

За небольшим исключением разработка каолинов подземным способом относится к прошлому. Вследствие относительно малой устойчивости вскрышных пород (вскрыши) приходится проходить выработки небольшого сечения, которые не позволяют использовать широкую механизацию. Согласно требованиям техники безопасности разрешается проходка выработки высотой только до 3 м, для крепления которой требуется большой расход дерева. Каолин из рудника вывозят вагонетками с опрокидывающимися кузовами или загружающими устройствами и ленточными конвейерами. Каолин от рудника до места обогащения транспортируют электровозами и шахтным подъемником, комбинируемым с канатной откаткой.

Добыча глин в основном такая же, как каолинов, но обычно более трудоемкая. При этом решающую роль играют находящиеся под давлением грунтовые воды. Продольные выработки еще меньше, и механизация добычи почти невозможна. Глины часто выбирают пневматическими лопатами и вручную, на тачках доставляют в складской двор. Сразу же глину рассортировывают.

Добыча каолина открытым способом может быть полностью механизирована. Вскрышные породы убирают с помощью оборудования по одному из трех вариантов: одноковшовый экскаватор — автомобиль-самосвал — бульдозер; одноковшовый экскаватор — вагонетка с ленточным конвейером — ленточный конвейер; многоковшовый экскаватор — ленточный конвейер.

Это позволяет полностью механизировать все работы по транспортировке вскрышных пород. Мощность вскрыши составляет от 3 до 20 м. Для добычи важно, чтобы соотношение вскрыши и каолина составляло в среднем 1 : 1.

Для получения хорошего и однородного по качеству сырья требуется тщательный отбор проб с разработки. Необходимо стремиться получать каолин с одинаковыми технологическими свойствами, т. е. вести разработку точно по плану. На каждом карьере надо иметь водоотливное хозяйство для отвода грунтовых и поверхностных вод.

Если месторождение содержит несколько сортов глины, которые залегают пластами один над другим, то разработку ведут глиностругальной машиной. Когда встречаются более мощные пласты, в ход пускают небольшие одноковшовые экскаваторы. На особо крупных месторождениях глин используют многоковшовые экскаваторы.

Полевой шпат и кварц. На месторождениях горных пород полевой шпат добывают в карьерах или шахтах. Разработке подлежат все богатые полевошпатсодержащие породы, из которых предпочтительны пегматиты и граниты. При разработке месторождений в больших масштабах применяют взрывные методы. Современное горнодобывающее оборудование осуществляет добычу и транспортирование горных масс, для чего применяют гусеничные тракторы, ковшовые погрузчики и ковшовые экскаваторы.

Месторождения полевошпатовых песков разрабатывают открытым и закрытым способами. Взрывами обеспечивают разрыхление и обнажение сырья. Используется горнодобывающее и погрузочное оборудование.

ОБРАБОТКА СЫРЬЯ И ПРИГОТОВЛЕНИЕ МАССЫ

Массы классифицируют по составу и технологическим признакам — на литейный шликер, формовочную массу и пресс-порошок.

В зависимости от используемых сырьевых материалов и способа формования влажность массы колеблется от 22 до 26 %. Если готовят жидкую массу для литья, влажность ее составляет 32—36 %. Влажность пресс-порошка для влажного прессования должна быть 8—15 %, для сухого прессования 2—5 %.

Чтобы получить наиболее гомогенную массу, сырьевые материалы сначала надо размолоть. Твердые материалы в ГДР измельчают на централизованных помольных фабриках. Предприятиям-потребителям остается только смешать компоненты, что осуществляют в основном мокрым способом. Полученную таким образом суспензию для очистки от загрязнений пропускают через сита и магниты. Для заключительного обезвоживания используют в большинстве случаев фильтр-прессы. Образовавшиеся коржи массы гомогенизируют и вакуумируют в вакуум-прессах.

Для получения литейной массы коржи распускают в пропеллерных мешалках. Для лучшего разжижения туда же добавляют электролиты. При получении пресс-порошка коржи высушивают, а затем смешивают с необходимыми добавками, например со связками.

Измельчение. Различают грубое и тонкое измельчение. Тонкозернистый продукт получают воздействием давления, сдвига и удара (рис. 1).

Такие твердые материалы, как полевой шпат, кварц, шамот, отходы капселя и политой бой, измельчают в бегунах с помощью катков.

Чтобы обеспечить измельчение без намола железа, используют катки из гранита или кварцита. Диаметр катков 600—1500 мм, ширина 150—400 мм.

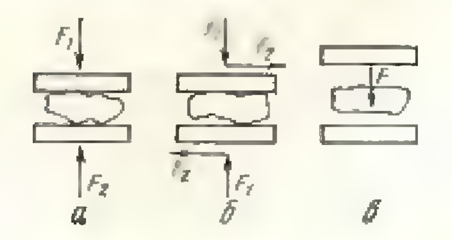


Рис. 1. Основные принципы измельчения:

а — давление; *б* — сдвиг; *в* — удар

Различают два основных типа бегунов: в первом — чаша бегунов закреплена неподвижно, а вращаются катки, во втором — закреплены катки, а чаша под ними вращается (рис. 2). Второй тип более распространен, потому что у него есть ряд преимуществ: меньше центробежные силы, создаются лучшие условия для загрузки и выгрузки продукта.

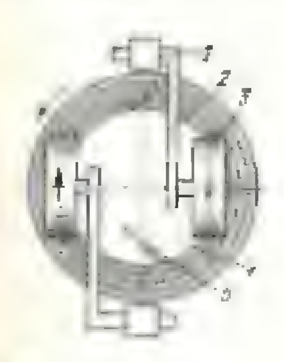


Рис. 2. Бегуны:

1 — станина; *2* — ведомый кривошип; *3* — каток; *4* — вращающаяся чаша с кольцевой решеткой; *5* — скребок

Рис. 3. Пружинно-роликовая мельница:

1 — чаша, *2* — каток; *3* — подпружиненный рычаг; *4* — материал

В бегунах влажного измельчения для труднообрабатываемых и камнесодержащих глин часть чаши бегунов снабжена отверстиями (решеткой). В других конструкциях бегунов основание связано с траверсой вертикальным вращающимся валом, нижний конец которого расположен в подпятнике, верхний — в промежуточном подшипнике. Катки подвижно закреплены на главном валу, благодаря чему предотвращается их повреждение большими кусками материала. Катки расположены асимметрично, что обеспечивает более широкую полосу измельчения. Внешний каток с более длинной осью измельчает загруженный материал. Измельченный продукт сдвигается скребком к внутренней дорожке, по которой катится внутренний каток. За внутренним катком может быть установлен еще один скребок, который направляет еще не измельченный материал снова под внешний каток. Прошедший через решетку продукт собирается в приямке.

Для предотвращения выделения пыли вся установка закрывается кожухом, привод и подшипники уплотняются. Рабочие должны пользоваться защитными масками, а при дроблении политого боя надевать защитные очки.

Измельчение каменистых материалов при использовании технологии приготовления массы на основе распылительной сушки проводят вне керамических предприятий.

В последние годы для измельчения полевого шпата все больше применяются пружинно-роликовые мельницы с кониче-

скими бегунами, сконструированные первоначально для материалов мягких и средней твердости (рис. 3). К вращающемуся плоскому или в виде чаши поддону пружинами прижимаются катки. Продукт в виде кусков размером не более 30 мм измельчается до тонины 63 мкм. Часто эти мельницы включают в замкнутую помольную систему. Конструктивные детали мельницы выполнены из стали.

Для тонкого измельчения предварительно раздробленные каменистые материалы загружают в шаровые мельницы мокрого помола, которые служат также для помола глазурей и применяются в лакокрасочной промышленности. Конструкция шаровой мельницы проста. По форме это полый стальной цилиндр с диаметром, примерно равным длине, футерованный внутри силексом (бельгийским кварцитом) или глосексом (кварцитом из Саксонии). Кварцитовая футеровка равномерно изнашивается, не загрязняя массу.

Корпус мельницы опирается на два горизонтальных подшипника. Привод осуществляется через трансмиссию или непосредственно от двигателя. Счетчик оборотов служит для контроля работы мельницы. Через загрузочный штуцер мельницу заполняют материалом, мелющими телами и водой в количественном соотношении 1 : 1 : 1. В качестве мелющих тел берут кремневую гальку. При помоле кварца и полевого шпата добавляют около 10 % каолина. Чтобы обеспечить возможность помола, до 20 % объема мельницы следует оставлять свободным.

Крупные частицы измельчаемого материала размалываются в основном в результате раздавливания под воздействием ударов захватываемых при вращении, а затем падающих мелющих тел. Мелкие частицы измельчаются в результате трения между кремневой галькой, перемещающейся в нижней части мельницы. Вода оказывает значительное влияние на помол. С одной стороны, она задерживает подъем мелющих тел по футеровке мельницы или ослабляет удар, с другой — вода препятствует комкованию. При длительном помоле мельчайшие частицы действуют как подушка, они тормозят удар мелющих тел, снижая тем самым производительность мельницы.

Интенсивность помола зависит от частоты вращения мельницы, соотношения загруженных в нее компонентов, степени заполнения, размера мелющих тел и материала футеровки. Имеют значение габариты мельницы, твердость и зерновой состав измельчаемого продукта. Необходимо точно выдерживать заданную тонину помола, иначе изменяются свойства масс и глазурей. Приготовляя формовочную массу и литейный шликер, следует учитывать твердость материала и соблюдать заданные частоту вращения и длительность помола. Глазури мелют дольше, чем массы. Длительность их помола может быть до 94 ч при частоте вращения 16—17 $мин^{-1}$. Необходимо

контролировать тонину помола. Для этого пробы измельченного материала пропускают через контрольные сита.

Футеровка мельницы и мелющие тела постоянно истираются. Этот процесс контролируют, так как материал футеровки и мелющих тел попадает в массу и его надо учитывать в составе. Регулярно для возмещения износа в мельницу добавляют мелющие тела.

Обогащение. В результате измельчения получают тонкодисперсный продукт с частицами различного размера. Однако оптимальный состав массы определяется размерами зерен или гранулометрическим составом. Следовательно, очень крупные куски материала надо возвращать в мельницу на доработку, а мелкие фракции исключать. Материал разделяют по фракциям путем рассеивания и по скорости падения при отмучивании или в гидроциклонах, в которых средой может быть как воздух, так и вода.

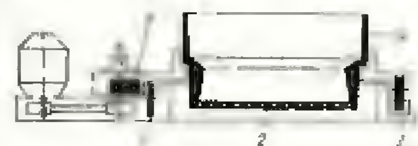


Рис. 4. Вибросито

Сито разделяет частицы на две группы (ситовое обогащение). На сите остаются зерна размером больше, чем размер ячейки (отсев). Через сито проходят зерна меньше ячейки (просев). Результат просеивания зависит от подвижности частиц на дне сита, которое делают обычно из сетки (у бегунов, например, ситом может быть перфорированная плита, у бункера — решетка). Материалом для сетки служит сталь, латунь, бронза или синтетическая ткань. Подвижность сит обеспечивают различными способами. Для просеивания больших количеств материала применяют механизированные сита различных конструкций. В керамической промышленности большое распространение получили вибросита (рис. 4) для ситового обогащения суспензий.

Вибросито состоит из корпуса *4*, опорной рамы и собственно сита с сеткой 2. Сито должно легко очищаться и без больших затрат труда разбираться для замены сетки.

Вращение от электродвигателя ременной передачей передается на эксцентрик *3* вибратора. В результате опирающееся на эластичные болты *1* сито приходит в колебание с частотой около 45 Гц.

Размер ячеек зависит от назначения сита. Для фарфоровой массы используют сетки с ячейками размером от 0,1 до 0,063 мм, для глазурей — 0,063 мм. После смесителей устанавливают сита с ячейками различных размеров. Номера сеток регламентированы стандартами TGL 0-4188 (контрольные сетки) и TGL 0-4189 (рабочие сетки).

Благодаря вибрации повышается производительность сита, предотвращается забивание мелких отверстий грубыми части-

цами, в значительной степени уменьшается вязкость процеживаемой суспензии

Если сетка имеет слишком большие ячейки (редкая) или на ней есть разрывы, ситовая рама не уплотнена или суспензия перетекает через край, то посторонние включения в сырье и загрязнения, попавшие в процессе приготовления глазури, могут вызвать появление дефектов продукции. Поэтому остаток на сите следует удалять, сита периодически снимать и тщательно промывать, контролируя одновременно состояние сетки.

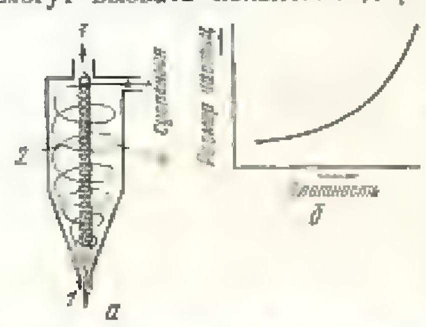


Рис. 5. Принцип действия гидроциклона (*а*) и зависимость между плотностью и размером частиц (*б*)

Важнейшую задачу при обогащения и классификации каолиновых суспензий выполняют гидроциклоны. В зависимости от требований к конечному продукту используют одно- или многоступенчатые системы гидроциклонов. Для обеспечения равномерной подачи каолиновой суспензии перед насосом гидроциклона устанавливают приямок с мешалкой.

Суспензия накачивается в гидроциклон центробежным шламовым насосом. В первой ступени избыточное давление около 250 кПа (рис. 5, *а*). Суспензия поступает в гидроциклон тангенциально. В полости образуются завихрения (первичное *4* и вторичное *2*). Первичное завихрение *4* выносит крупные частицы суспензии к нижнему выпускному отверстию *1*. Мелкие частицы направляются вторичным завихрением *2* к верхнему выпускному отверстию *3*. Стенки должны быть защищены от износа. Их футеруют резиной, твердым фарфором или эластичным синтетическим материалом. Плотность суспензии 1,03—1,1 г/см^3. На рис. 5, *б* показана зависимость между плотностью шлама и размером частиц отделенной фракции. Отчетливо видно, что с увеличением плотности эффективность разделения суспензии на фракции резко ухудшается. Наилучшие результаты классификации получают при наименьшей плотности суспензии.

Мелкая фракция из гидроциклона через предохранительное сито спускается в осадительный бассейн. Имеющиеся в ней крупные частицы осаждаются, что улучшает обогащение. При многоступенчатой гидроциклонной классификации перед каждой ступенью устанавливают насосный приямок и насос для получения требуемого давления.

Загрязнение масс и глазурей может произойти на заводах-поставщиках, при транспортировании в неочищенных вагонах,

перегрузке, в процессе приготовления, например из-за намола футеровки или ее повреждения, инородных включений в кремневой футеровке и мелющих телах, проржавевшего трубопровода, загрязненной воды, содержащего ржавчину конденсата, попадающего при продувке шаровых мельниц сжатым воздухом и др.

Железо — это основной враг белого черепка.

Зернышко длиной 0,2 мм уже дает заметную мушку, поэтому, чтобы удалить частицы железа из массы или глазури, устанавливают магниты (магнитное обогащение). Различают постоянные магниты и электромагниты. Постоянные магниты — это железные магниты длительного действия, независимые от электрического тока, поэтому более надежные, чем электромагниты. Их применяют чаще.

Дозирование. Повышение производительности труда эксплуатируемого оборудования сопряжено с внедрением непрерывного цикла работы. Все начинается с рационального хранения сырья и его дозированной подачи на участок приготовления массы.

Сырьевые компоненты можно дозировать весовым или объемным методом, непрерывно или периодически. Материал применяется в любом виде: твердый, сыпучий, кусковой, жидкий и в концентрированных суспензиях.

Для загрузки материалов согласно рецепту все еще широко используют весы. Часто располагают специальными, легко перемещаемыми весами. По конструкции это десятичные весы, точность взвешивания на которых зависит от рецепта. Для непрерывного взвешивания пригодны ленточные весовые дозаторы. Ленточный конвейер настраивается на дозирование заданного количества материала с помощью гидравликомеханической системы.

Если сырье отличается равномерной плотностью, то дозировать можно по объему, проходящему за единицу времени.

Для дозирования сыпучего материала применяют лопастные валковые питатели. Во вращающиеся валки пропущены лопасти. Частотой вращения валков регулируют отбираемое количество материала. Лопастные валковые питатели используют для загрузки бункеров.

При дозировании жидкости расход указывается сигнализатором (водяными часами). Когда надо отмерить заданное количество жидкости, применяют насосы (мононасосы, шестеренчатые, мембранные; с регулируемой частотой вращения или качания.

Количество газа контролируют кольцевыми весами, диафрагмами или измерителями скорости потока. Дозирующие приборы, как правило, пригодны для автоматизации и оснащены устройствами для управления и регулирования.

Смешивание и вакуумирование. Все механизированные

устройства, в которых перемещаются сырьевые материалы, в той или иной степени их перемешивают.

Для смешивания до сих пор иногда применяют планетарные мешалки, в которых две решетчатые лопасти перемещаются вокруг основного вала, вращаясь вокруг собственных осей. Двойное вращение улучшает перемешивание (рис. 6) В таких мешалках собирают и перемешивают суспензию из шаровой мельницы, глину и каолин, а также отходы формования.

Рис. 6. Планетарная мешалка:

1 — жестко закрепленное зубчатое колесо; 2 — подвижное зубчатое колесо; 3 — решетчатая лопасть; 4 — резервуар

Компоненты должны распределяться в керамической массе равномерно, для чего необходимо хорошо смешивать подготавливаемое сырье. Суспензию массы перемешивают в винтовых мешалках, рациональная конструкция которых и универсальность позволили заменить прежние виды смесителей. В винтовых мешалках можно распускать глины и каолины, фильтр-прессовые коржи, получать суспензию массы или глазури путем перемешивания разжиженных материалов, а также готовить гипсовую суспензию.

Винтовая мешалка имеет три лопасти. Благодаря большой частоте вращения лопастей жидкость устремляется к центру дна и оттуда направляется вверх и к стенкам. Частицы вещества с поверхности увлекаются обратно в середину резервуара и снова устремляются вниз. Вследствие этого они находятся в непрерывном движении и оседание на дно становится невозможным. Происходит равномерное распределение частиц и интенсивная циркуляция жидкости. Непосредственно над винтом поперек резервуара закреплена опорная планка. Она проходит вплотную к валу и должна препятствовать горизонтальному течению материала и способствовать вертикальной циркуляции суспензии.

Для оптимальных условий работы имеет значение форма и величина мешалки. Диаметр и высота резервуара и винта должны быть соизмеримы. Для равномерного распределения потоков лучше всего использовать резервуар шести- или восьмиугольного сечения. Переход от боковых стенок к дну должен быть закругленным, чтобы противодействовать оседанию частиц вещества.

Вал мешалки покрывают нержавеющим материалом для защиты от коррозии, его закрепляют в длинном подшипнике, препятствуя этим биению. Привод осуществляется закрытой кожухом клиноременной передачей. Лопасти мешалки делают из фосфористой бронзы, чугуна, стали или силумина высокого

качества; их оцинковывают или покрывают свинцом, оловом, резиной, кислотоустойчивым материалом.

Мешалки могут быть использованы как сборники и смесители (рис. 7). В сборнике обеспечивается осевое перемещение суспензии, поток более или менее сильно омывает дно, препятствуя оседанию тяжелых компонентов. Частицы должны поддерживаться во взвешенном состоянии, для чего достаточно

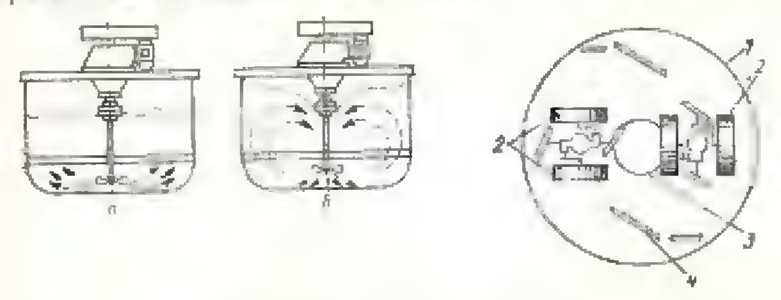


Рис. 7. Распределение потоков в сборнике (а) и смесителе (б)

Рис. 8. Противоточный смеситель

небольшой частоты вращения лопастей. Лопасти придвинуты к дну сборника ближе, чем в смесителе. Когда мешалки используют для распускания и смешивания материала, процесс происходит более интенсивно благодаря увеличению частоты вращения почти в два раза.

Для получения формовочных или гранулированных керамических масс используют противоточные смесители (рис. 8). Во вращающейся чаше 1 перемещаются две пары катков 2. Они закреплены на стойках траверс и могут поворачиваться и перемещаться по высоте. Перемешиваемый материал загружают периодически сверху. Направляющие щитки 4, закрепленные на траверсе, постоянно подают смесь под катки. Материал разгружают через находящийся в центре основания люк 3, крышка которого открывается после окончания смешивания.

В открытой прямоугольной камере 1 перфорированного смесителя (рис. 9), задняя половина дна 3 которой выложена в виде сетки из толстых прутьев металла, вращаются в противоположном направлении две коленчатые лопасти 2. Постоянно загружаемый материал захватывается ими, перемещается к стенке камеры и перемешивается с уже находящимся там материалом. При этом он перекатывается, падает в середину, в результате чего происходит его непрерывное перемещение и переминание. С каждым оборотом лопастей материал передвигается все ближе к перфорированному дну 4, через которое затем продавливается. На коленчатых лопастях насажены планки, уплотняющие дно и стенки.

Перфорированные смесители устанавливают перед вакуум-



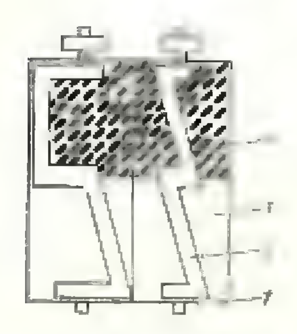


Рис. 9. Перфорированный смеситель

прессами и используют в качестве питателей для ленточных сушилок.

Вакуум-пресс должен обеспечивать гомогенизацию, вакуумирование и уплотнение массы. Соработка в вакуум-прессе значительно улучшает формуемость массы.

Оба шнековых вала *5* и *14* вакуум-пресса (рис. 10) и питающий валик *3* приводятся в действие фланцевым двигателем *1*, соединенным сцепной многодисковой фрикционной муфтой с вращающимся в масле редуктором, имеющим косое зубчатое зацепление. Сцепная муфта необходима для отключения вакуум-пресса без выключения двигателя, так как при повторном пуске надо преодолеть слишком большой момент вращения.

Питающий валик *3* подводит массу к шнековому валу *5*, вращаясь в противоположном направлении. Шнековый вал *5* расположен в литом цилиндрическом корпусе *4*, снабженном внутренними ребрами от загрузочной воронки *2* до перфорированной плиты *7*. Шнековый вал *5* перемешивает и гомогенизирует массу, перемещая ее в направлении к вакуумной камере *10*. В камеру масса продавливается через перфорированную плиту *7* находящимся на конце шнекового вала трехлопастным ножом *6*.

Отверстия или щели в плите *7* разделяют массу на рыхлые ленты, падающие в вакуумную камеру, где под воздействием разрежения из массы отсасывается воздух. Пространство между концом шнекового вала *5* и плитой *7* сужается по направлению к плите, благодаря чему масса уплотняется и одновременно надежно уплотняет вакуумную камеру *10*. К вакуумной камере подключены вакуум-провод и манометр *8*, она освещена лампой *9* и снабжена смотровым окном *11*. С помощью водокольцевого насоса в камере достигается вакуум до 96 %.

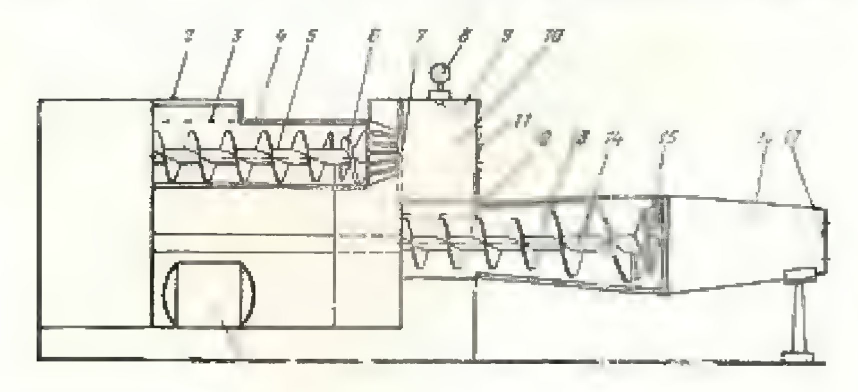


Рис. 10. Вакуум-пресс

Вакуумированная масса в цилиндрической части корпуса *13* подхватывается нижним шнековым валом *14* и расположенным над ним и вращающимся в противоположном направлении захватывающим валиком *12* эллипсовидного сечения. Шнековый вал *14* также кончается трехлопастным ножом *15*, который еще раз переминает массу и проталкивает вперед в коническую ребристую часть корпуса. Конусность обеспечивает дополнительное уплотнение массы, из которой создается герметичный затвор камеры со стороны выхода. К головке вакуум-пресса *16* прикреплен сменный мундштук *17* для получения скалок требуемого диаметра.

Пресс сконструирован таким образом, что все быстро изнашивающиеся детали можно легко демонтировать и заменить.

Для надежной работы вакуум-пресса необходимо следить, чтобы в него загружалось столько массы, сколько машина может пропустить при непрерывной работе. Масса не должна застаиваться в вакуумной камере. Кроме того, нельзя допускать забивания перфорированной плиты. Закупоренный вакуум-провод, неплотности в вакуумной камере, недостаточная производительность вакуум-насоса приводят к падению разрежения и ухудшению вакуумирования. Необходимо также постоянно контролировать показания манометра. Когда машина остановлена, целесообразно прикрыть загрузочное отверстие, чтобы защитить оставшуюся массу от засыхания.

Под воздействием шнекового вала во время прохождения массы через мундштук в скалке массы образуется своеобразная текстура. После запуска машины текстура может проявиться в виде S-образных трещин в сечении скалки. Если пласт растянуть, то становится заметно, что масса не сцепляется в этих местах, т. е. такая масса для формования непригодна.

Согласно технике безопасности запрещается проталкивать массу в загрузочное отверстие руками. Все ремонтно-профилактические работы разрешаются только при выключенном двигателе.

Перекачивание суспензий. В связи с тем что каменистые составляющие керамических шликеров вызывают истирание деталей машин, насосы должны быть футерованы такими специальными материалами, как фарфор (центробежный насос) и эбонит (мононасосы), или в насосах должны быть отдельные камеры для создания давления и перемещения суспензии (мембранные насосы).

Мембранные насосы нагнетают жидкую массу в фильтр-

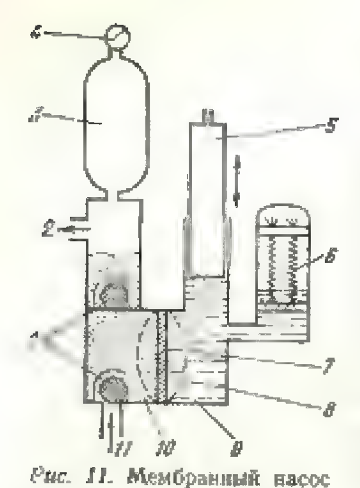


Рис. 11. Мембранный насос

прессы и служат для перекачивания шликеров. Когда плунжер *5* (рис. 11), приводимый в действие эксцентриковым приводом через червячный редуктор, перемещается вверх, мембрана *7* прижимается напорной жидкостью *9* к правой стенке линзовой камеры *8*, снабженной отверстиями. В результате через всасывающее отверстие *11* набирается шликер *10*. Шариковый клапан *1* поднимается, и отверстие открывается. Когда плунжер опускается, мембрана прижимается к левой стенке камеры и через верхний шариковый клапан шликер накачивается в напорный трубопровод *2*. Одновременно закрывается нижний клапан. В таком ритме из трубопровода шликер поступает в фильтр-пресс под давлением, контролируемым манометром *4*.

Воздушный колпак *3* смягчает резкие перемещения плунжера. Манометрический регулятор *6* защищает фильтр-пресс от повреждений. Всасывающий и нагнетающий клапаны манометрического регулятора настраивают на давление от 800 до 1200 кПа, необходимое для фильтр-прессования.

Если давление повышается, то, хотя поршень мембранного насоса по-прежнему перекачивает такое же количество жидкости, часть ее может попасть в манометрический регулятор. В результате в фильтр-пресс накачивается столько суспензии, сколько воды вытекает из коржей.

В качестве клапанов используют гуммированные литые шарики диаметром около 120 мм. Мембрана представляет собой резиновый пласт толщиной 12 мм. Благодаря ей суспензия отделена от камеры, в которой перемещается поршень.

Мембранные насосы относительно быстро изнашиваются, особенно если работают в три смены и под высоким давлением.

Мононасос, называемый также одношпиндельным (рис. 12), состоит из эбонитового статора *2* и литого стального ротора *3*. Когда приводимый в движение валом *5* ротор вращается, суспензия через всасывающий штуцер *1* поступает в пространство, образованное между ротором и статором, и выходит через штуцер *4*. Плавно действующий мононасос служит не для создания давления, а только для перемещения суспензии. Он работает лишь при условии геометрического замыкания соприкасающихся деталей. Поверхность тру-

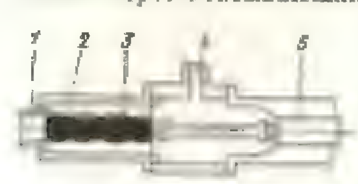


Рис. 12. Мононасос

щихся частей необходимо постоянно контролировать и при необходимости заменять изношенные детали.

Обезвоживание. С помощью фильтр-прессов суспензию влажностью 60—70 % обезвоживают до влагосодержания 22—26 %. С одной стороны камерного фильтр-пресса находится кожух, в котором размещена гидравлическая часть, с другой — жесткая крестовина, служащая в качестве контрфорса. Гидравлическая часть и крестовина связаны опорной штангой, на которую насаживают перфорированные плиты фильтр-пресса и подвижные траверсы. Рамы *1* плит *2* (рис. 13) имеют утолщенный край с резиновым уплотнением. Каждые две перфорированные плиты *3* образуют камеру *5*. Для лучшего распределения давления и обезвоживания используют круглые плиты. Между краями плиты натягивают фильтровальные полотна, в центре их закрепляют уплотняющей шайбой *4*. В процессе фильтрования твердые частицы шликера удерживаются на полотне и спрессовываются в коржи. Вода проходит через полотно и по каналам *6* в плитах попадает в выпускное отверстие.

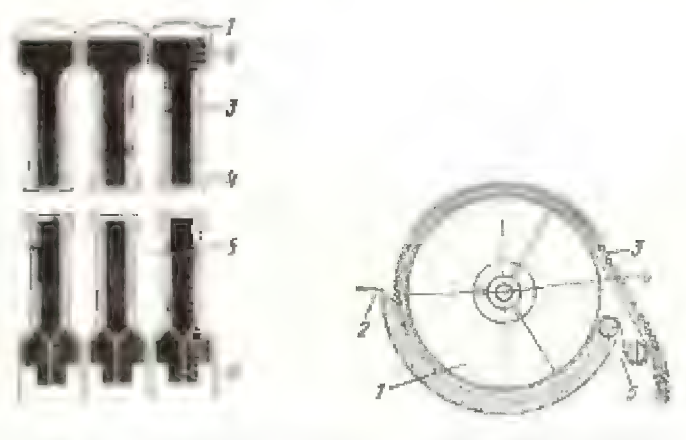


Рис. 13. Камера фильтр-пресса *Рис. 14.* Барабанный фильтр

Гидравлическая установка работает следующим образом. После включения главный поршень с помощью подвижной траверсы сжимает плиты фильтр-пресса под давлением примерно 5 МПа. Затем начинает действовать мультипликатор давления. При этом поршень сжимает плиты под давлением 20 МПа. Подвижная траверса закрепляется в своем положении контргайкой. Электродвигатель включается и пускается в ход насос. Когда процесс фильтрования заканчивается, поршень движется в обратном направлении. При достижении поршнем исходного положения двигатель выключается. Пресс разгружают вручную или механизированно. Для этого плиты раздвигают и вынимают коржи.

Продолжительность цикла зависит от фильтруемости материала, толщины коржей и необходимой степени обезвоживания. Следует учитывать, что ско

рость образования коржей с увеличением их толщины уменьшается, поэтому их толщина не должна превышать 30 мм.

Полностью механизированные прессы включаются и отключаются самостоятельно, коржи снимаются специальным устройством и падают на конвейер, измельчаются и транспортируются к вакуум-прессу.

Значительно влияют на производительность и стоимость процесса и фильтровальные полотна, для которых используют хлопчатобумажную или синтетическую ткань. Хлопчатобумажные полотна пропитывают специальными составами для упрочнения и защиты от гниения. Так как в процессе фильтрования полотна забиваются частицами массы, их надо часто промы-

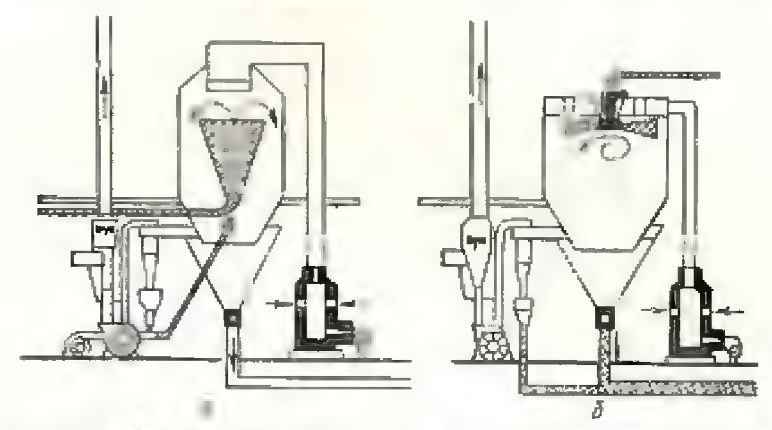


Рис. 15. Струйно-распылительная с соплами (*а*) и дисковая (*б*) установки для распылительной сушки фирмы «Дорст» (ФРГ)

вать, а затем высушивать. Перед надеванием на рамы фильтр-пресса полотна следует немного увлажнить.

Непрерывное обезвоживание обеспечивают барабанные фильтры (рис. 14). Большой барабан *1* медленно вращается в резервуаре *2*, окунаясь нижней частью в суспензию. Внутри барабан разделен на несколько ячеек, каждая из которых соединена с отсасывающим трубопроводом, идущим к распределительной шайбе *4*. Как только ячейка окунается в суспензию, она под действием регулятора оказывается под вакуумом. Через натянутую на барабане фильтровальную ткань *5* вода попадает внутрь барабана. Твердые частицы остаются в виде слоя *3* на поверхности ткани. При вращении барабана слой разрыхляется сжатым воздухом и снимается скребками.

Барабанные фильтры хорошо зарекомендовали себя при обезвоживании каолина. Их достоинства заключаются в непрерывности действия и исключении тяжелого ручного труда. Однако возможности применения барабанных фильтров сильно зависят от минерального состава каолина. Материал обезвоживается до 37—42 %.

К новым способам термического обезвоживания суспензий тонкоизмельченных материалов относится сушка распылением в потоке горячего воздуха (рис. 15). Высушиваемый материал, суспензия каолина или массы распыляется в башне сушилки гидравлически через однокомпонентные сопла, пневматически через двухкомпонентные сопла или механически распределительным диском, вращающимся с большой частотой. Высота сушилки зависит от времени, необходимого для высушивания частиц до определенной влажности при падении.

Воздух, имеющий температуру 500—800 °С, можно вдувать противотоком или прямотоком. Так как влага испаряется при нормальном давлении, ча-

стицы каолина не нагреваются выше 100 °С и термического разложения глинистых минералов не происходит.

Высушенные частицы удаляют через дно сушилки. В зависимости от типоразмера сушилки, содержания твердого вещества и степени распыления материал осаждается в виде порошка, пористых или полых гранул. Гранулометрический состав материала относительно узкий. Полученный гранулят сыпуч и содержит мало пыли.

Распылительные сушилки работают непрерывно. Они экономически эффективны там, где имеется дешевое тепло.

Как известно, при нагревании многие реакции протекают быстрее. В технологии керамики это можно использовать по-разному до процесса обжига. Распускание глин и каолинов в воде ускоряется при добавлении горячего пара. Для сушки может быть использовано тепло полуфабриката, отформованного из нагретой до температуры 60 °С массы. Нагревание суспензии до температуры 60—70 °С также улучшает процесс обезвоживания на фильтр-прессах.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ПРИГОТОВЛЕНИЯ МАССЫ

Технологические схемы дают представление о последовательности операций и оборудовании, используемом для приготовления масс. Приведенные три схемы отражают современную технологию приготовления массы в промышленности тонкой керамики. В качестве возможного варианта предлагается вторичное использование отходов от литья и формования.

$Г_1$, $Г_2$, $Г_3$ — обозначены глинистые материалы (глины и каолины), $К_1$, $К_2$ — каменистые материалы (полевой шпат, кварц и молотый бой).

Традиционная мокрая технология приготовления массы с использованием шаровых мельниц (рис. 16, *а*) в качестве агрегатов тонкого измельчения до сих пор встречается наиболее часто. Для двух других способов каменистые материалы должны быть предварительно измельчены. На рис. 16, *б* представлена технология, используемая на фаянсовом заводе в г. Торгау, а на рис. 16, *в* — технология приготовления массы с использованием сушки распылением. Этот современный способ применяется на заводе «Хеннеберг-фарфор» в г. Ильменау. Технологические схемы приведены без перекачивающего и транспортирующего оборудования.

Показанные на схемах места контроля следует рассматривать как рекомендации. Каждая конкретная система контроля может отклоняться от приведенных схем.

МОДЕЛИ И ФОРМЫ

РАБОТА НАД МОДЕЛЬЮ

Продукция промышленности тонкой керамики относится к товарам народного потребления, которые должны сочетать в себе функциональные свойства, надежность и долговечность с эстетической ценностью, служить людям и одновременно укра-

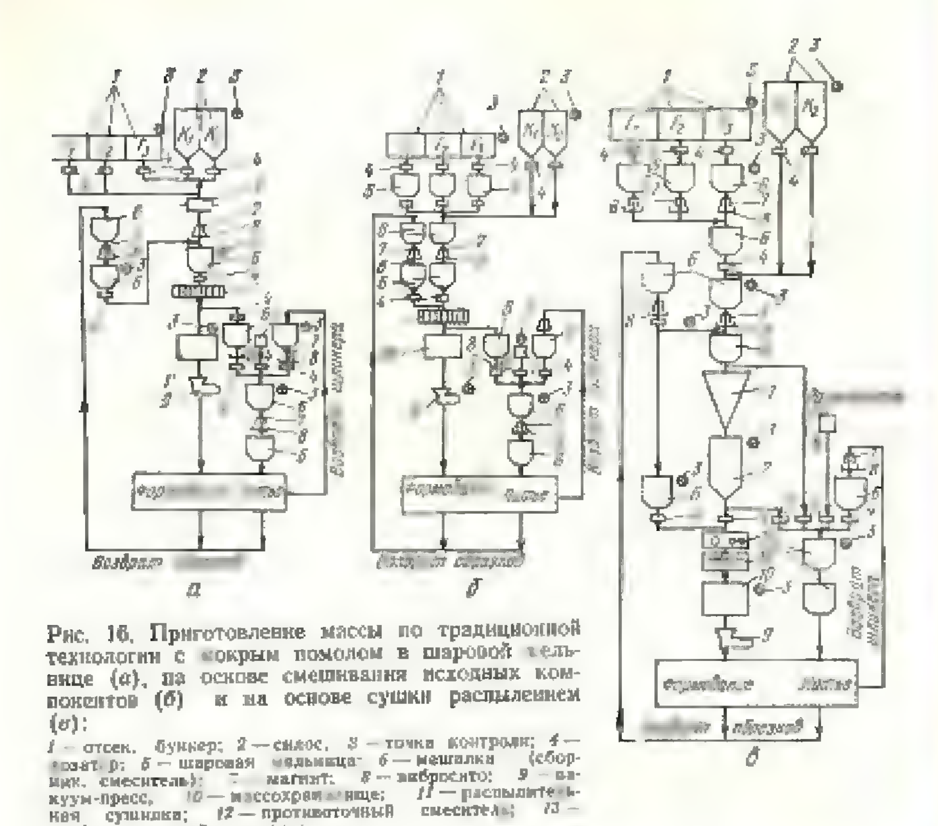


Рис. 16. Приготовление массы по традиционной технологии с мокрым помолом в шаровой мельнице (*а*), на основе смешивания исходных компонентов (*б*) и на основе сушки распылением (*в*):

1 — отсек, бункер; *2* — силос; *3* — точка контроля; *4* — дозатор; *5* — шаровая мельница; *6* — мешалка (сборник, смеситель); *7* — магнит; *8* — вибросито; *9* — вакуум-пресс; *10* — массохранилище; *11* — распылительная сушилка; *12* — противоточный смеситель; *13* — перфорированный смеситель

шать быт. Основная задача создателей моделей и декора продукции данной отрасли — удовлетворить эти требования.

Форма предметов, изготавливаемых промышленным способом, обусловлена технологичностью и экономичностью процесса, материалом и функциональным назначением.

В условиях современного производства с непрерывно развивающимися механизацией и автоматизацией создающие керамические изделия скульпторы и художники должны искать оптимальные решения при разработке моделей в тесном сотрудничестве с технологами. Изделия следует создавать с учетом возможностей современной технологии производства и в соответствии с многочисленными требованиями к промышленной продукции. При этом важно учитывать, что насколько технология определяет внешний облик изделия, настолько требования к функциональности предмета и его эстетическим свойствам обусловливают технологию. Надо учитывать также особенности материала, его свойства, поведение во время обжига и др. Экономические принципы стимулируют повышение

качества продукции и производительности труда при снижении расхода материала и затрат рабочего времени.

Эскиз. Основу формы сосудов обычно составляют три элементарные геометрические фигуры — цилиндр, шар и конус. Можно преобразовать такие формы, как груша, тыква, листья и др. Комбинации различных форм позволяют находить разнообразные новые художественные решения. Уже при эскизной проработке формы изделия следует учитывать потребительские свойства и технологические требования, потому что оптимальное решение обычно приходится искать путем компромисса между технологическими возможностями, художественным замыслом и потребительскими свойствами.

Эскизную проработку можно вести в двух направлениях: свободное выполнение эскиза и конструирование. После выполнения эскиза рекомендуется делать бумажные макеты или выкройки в натуральную величину, позволяющие проверить правильность линий и пропорций. Но только в объемной гипсовой модели эскиз получает необходимую завершенность, выявляет детали и нюансы, которые невозможно изобразить на бумаге.

С внедрением высокопроизводительных машин и агрегатов, например формовочных полуавтоматов, поточных автоматизированных линий и машин для декорирования, большая часть ручного труда механизирована. Основной предпосылкой внедрения новой техники и прежде всего ее оптимального использования явилась стандартизация продукции и вспомогательных материалов.

При создании новых изделий необходимо соблюдать следующие стандарты ГДР: TGL 27001, лист 3 «Хозяйственный и отельный фарфор», TGL 28069, лист 3 «Хозяйственный фаянс», TGL 24689 «Синтолан».

Эти изделия стандартизированы для того, чтобы ввести на всех предприятиях единые типоразмеры и вместимость. Установленные базовые показатели определяют путем измерения готовой продукции.

Создавая новые изделия, следует учитывать также стандарт на огнеприпас TGL 95-1001/01 «Огнеприпас. Капсель».

Расчет величины модели. В результате сушки и обжига керамические изделия уменьшаются в объеме — подвергаются усадке. Усадка зависит от состава массы, содержания воды, степени спекания и др. При создании модели обязательно следует определять усадку, пользуясь стандартом ГДР TGL 8955.

Размеры модели рассчитывают следующим образом. Размеры модели *М* принимают за 100 %, к ним прибавляют усадку в процентах. Размеры после политого обжига *П* всегда меньше на усадку *У*, т. е. $М - У = П$.

Если известны размеры после политого обжига и усадка, то можно рассчитать размеры модели:

$$100:(М - У) = x:П; \qquad x = 100П/(М - У).$$

Пример: высота предмета после политого обжига 123 мм, усадка составляет 16 %. Найти размер модели.

123 мм составляют 100 %—16 % = 84 %.

Пропорция: 100 : 84 = x : 123.

$$x = \frac{(100 \cdot 123)}{84} = 146$$

Модель должна быть высотой 146 мм

Если заданы другие величины, то по формуле можно рассчитать усадку или исходные размеры.

Графическое увеличение эскиза. Увеличиваемый эскиз вычерчивают на бумаге (рис. 17). На линии основания в произ-

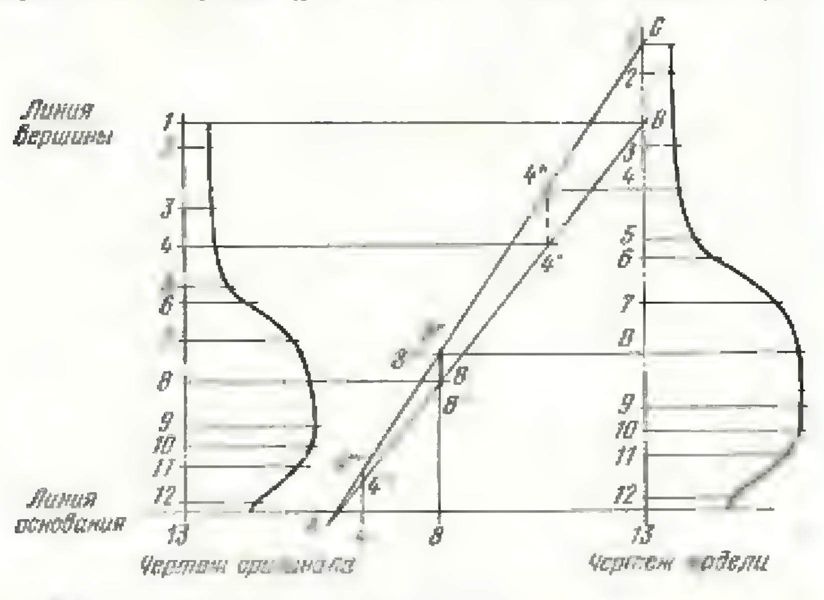


Рис. 17. Способ графического увеличения эскиза

вольном месте ставят точку *A*. Через вершину предмета проводят линию, параллельную основанию, а из точки *A* — линию под углом 10—50° к основанию. Пересечение этих линий дает точку *B*, из которой опускают перпендикуляр, соответствующий оси симметрии увеличенного изображения оригинала. На оси симметрии откладывают расчетную высоту модели, получая точку *C*. Точки *A* и *C* соединяют. На оригинале проводят ряд характерных для данной формы радиусов, параллельных основанию. Эти радиусы удлиняют до пересечения с отрезком *AB*. Из точек 4′ и 8′ восставляют перпендикуляры и на отрезке *AC* получают точки пересечения 4″ и 8″, через которые параллельно основанию проводят линии, пересекающие ось симметрии модели. Действия повторяют для всех радиусов оригинала.

Точкам с 1 по 13 на оси симметрии оригинала соответствуют точки 1—13 на оси симметрии модели. Определяют радиусы 1—13 на оригинале и откладывают их между линией основания и *AB* параллельно осям симметрии. Из точек 4‴ и 8‴ восставляют перпендикуляры и при пересечении их с отрезком *AC* получают точки 4⁗ и 8⁗. Расстояния от точек 4 и 8 на линии основания до точек 4⁗ и 8⁗ соответствуют размерам радиусов на чертеже модели, которые на чертеж и переносят. Когда все радиусы оказываются таким образом преобразованы и в увеличенном масштабе нанесены на чертеж модели, точки соединяют и получают контур модели.

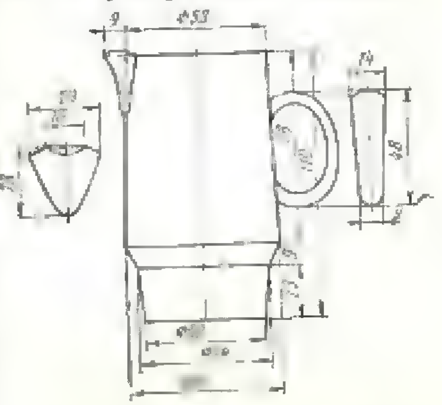


Рис. 18. Чертеж модели молочника из сервиза «Мокко» с учетом усадки 15 %

Вычерчивание рабочей модели. Чертеж рабочей модели выполняют по эскизу, соответствующему оригиналу по форме, габаритам и вместимости. Эскиз может быть нарисован или исполнен в объеме, все размеры чертежа увеличивают по сравнению с оригиналом на усадку, учитывающую свойства материала.

При выполнении чертежа модели важно соблюдать точность и аккуратность, потому что все размеры с него будут перенесены на гипсовую модель. На чертеж модели наносят сечения всех тел вращения; для овальных и многоугольных предметов — дополнительно вид сверху; для чайников, кофейников, кувшинов — вид спереди ручек и носиков, дающий представление об их ширине (рис. 18).

Изготовление модели. Модели, как правило, делают из гипса, так как у него хорошие литейные свойства и он легко поддается обработке шаблоном, обтачиванию на станке и резьбе ножом. Все тела вращения обтачивают, модели ручек, носиков, держателей и технической керамики вырезают. Овальным предметам, таким, как блюда, подносы, суповые вазы, придают форму шаблоном, обрабатывая влажный гипс. Модели для декоративного фарфора и керамики формуют из глины и пластилина.

Кроме того, модели могут быть из дерева, металла или пластмассы. Однако обработка других материалов очень трудоемка и почти не применяется, так как механическая прочность гипсовых моделей достаточна для дальнейшего размножения.

Основное требование при изготовлении моделей — безуко-

ризненная и тщательная работа. Каждая неточность и неровность на поверхности модели переходит на отлитую по ней форму, а с нее и на каждое изделие.

При изготовлении моделей особенно следует учитывать поведение керамического материала в процессе политого обжига. Некоторые изделия в зависимости от формы, размера и материала подвергаются сильной деформации, причем деформация пористых материалов менее сильно выражена, чем плотноспекающихся. Опытный скульптор или модельщик учитывает возможность деформации уже при изготовлении модели. Так, цилиндрические корпуса и плоские поверхности полых фарфоровых изделий во время обжига склонны втягиваться внутрь. По этой причине модели подобного типа для противодействия деформации рекомендуется делать выпуклыми, чтобы они казались прямыми. Если ручки и носики слишком массивны или выступают вперед, то наблюдается явление провисания. Здесь также соответствующим противодействием можно свести деформацию к минимуму. Сильно выступающие носики и ручки по сравнению с оригиналом надо придвинуть ближе к корпусу.

При изготовлении моделей с посаженными внутрь крышками надо обращать особое внимание на глубину посадочного места для крышки и оставлять зазор между крышкой и краем. Следует учитывать также толщину слоя глазури, уменьшающего зазор, разницу усадок изделия и крышки, возможность небольшой деформации. Крышки и изделия, за исключением суповых ваз, обычно обжигают отдельно, не всегда в одном и том же капселе и даже на другой вагонетке.

Для предотвращения провисания дно модели следует сделать слегка выпуклым с учетом диаметра. Иначе обожженные изделия приплавятся к плите или капселю.

Для изделий, формуемых при вращении, таких, как блюдца, тарелки, чашки, миски и другие, надо предусмотреть в профиле (в шаблоне) кольцо жесткости — утолщение черепка, способствующее снижению деформации. Изделия сложного профиля склонны к подсаду и провисанию, это также надо предвидеть в модели (рис. 19).

Тела вращения вытачивают на модельно-формовочном станке. В принципе такой станок аналогичен гончарному кругу, приводимому в движение электродвигателем. С обеих его сторон закреплены стойки для накладывания реек, на которые опирается модельщик при обтачивании модели. Следует предусмотреть также скамью с откидывающимся вперед сиденьем, что позволяет опираться во время работы корпусом и сохранять устойчивость.

На планшайбе станка находится металлический стержень, удерживающий модель при вращении. Гипсовую модель обтачивают резцами различной величины и формы (рис. 20). Остро

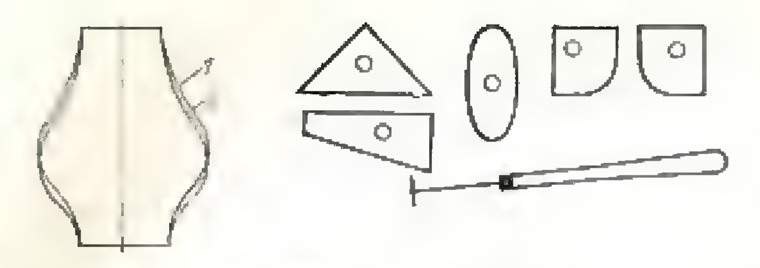


Рис. 19. Изменение конфигурации полого изделия после политого обжига *2* по сравнению с моделью *1*

Рис. 20. Резцы для обточки гипсовых моделей

заточенные резцы закрепляют на рукоятке длиной 60 см. При работе один конец рукоятки зажимают под мышкой, а другим опираются на рейку. Лезвия резцов сменные, на рукоятку их насаживают с помощью стержня с резьбой.

Перед началом работы модельщик подготавливает планшайбу, на которой он центрирует и закрепляет стержень. Поверхность планшайбы и стержень покрывают мыльно-масляной эмульсией. Вокруг стержня натягивают и закрепляют шнуром поливинилхлоридную пленку. В образовавшуюся полость заливают освобожденную от пузырьков воздуха гипсовую суспензию. Пленку снимают, когда гипс еще находится во влажном состоянии, и гипсовому комку придают заданную форму резцами или шаблоном. Обработку во влажном состоянии проводят с точностью до нескольких миллиметров. При этом надо оставить избыток гипса 2—3 мм, необходимый для дальнейшего обтачивания и заглаживания модели.

Такой метод позволяет экономить много времени и гарантирует большую точность модели. Когда корпус готов, к чайникам, кофейникам, кувшинам, суповым вазам прикрепляют ручки, носики, ножки и держатели. Если изделия и ручки будут изготовляться отдельно, то следует предусмотреть точную обработку мест приставки ручек. При закреплении носиков и ручек важно, чтобы они располагались вертикально и по центру, иначе нельзя обеспечить точное разделение модели на две половины, что составит большие трудности при отливании и вынимании модели из формы.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ФОРМ И ОСНАСТКИ

Модельные формы. Первые формы, которые отливают по моделям чайников, кофейников, кувшинов и суповых ваз, изготовляют простым способом, потому что в редких случаях первые образцы удовлетворяют заданным требованиям. Часто размеры модели отклоняются от исходных, например из-за искажения силуэта предмета при обжиге или большой разницы вместимости по отношению к расчетной. В результате при-

ходится вносить изменения. Если бы сразу изготовляли модельные формы, сконструированные в соответствии с технологическими требованиями, то переделки потребовали много времени. Только для рабочих форм, используемых в производстве, имеет значение масса и профиль. Кроме того, модельная форма после многократного использования из-за относительно быстрого изнашивания поверхности становится непригодной для дальнейшего размножения. Для достоверной оценки качества первой партии изделий по видам дефектов, деформации, вместимости необходимо получить достаточно большое количество изделий одного вида. Только тогда можно выявить причину дефекта. Если это ошибка конструирования или моделирования, то она появляется одновременно на всех предметах. Если это дефект изготовления или обжига, то он встречается только на отдельных изделиях.

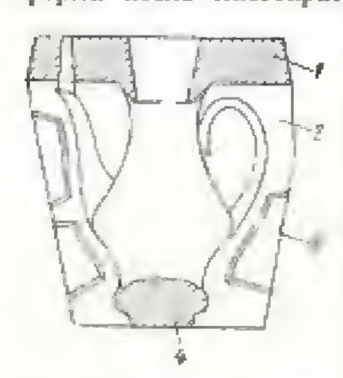


Рис. 21. Сечение формы для литья:

1 — кольцо; *2* — половина формы; *3* — замок; *4* — донный вкладыш

К формам для литья (рис. 21) предъявляют следующие технологические требования:

чтобы швы не смещались, половинки формы не должны двигаться в замках. Запирание формы замками должно исключить относительное смещение ее половинок даже после многократного использования;

не допускаются широкие швы, потому что, несмотря на зачистку, они заметны на изделии после политого обжига;

у носиков и ручек не должно быть резких переходов, иначе в этих местах на полуфабрикате при усадке появятся трещины;

на поверхности не должно быть никаких неровностей, которые могут перейти на изделие.

Размеры формы для формования при вращении должны точно соответствовать размерам посадочных мест к формодержателям; формы должны вращаться без биения, иначе стенки изделия будут иметь разную толщину, что является основной причиной деформации. Поверхность форм не должна иметь неровностей.

Разборные модельные формы можно изготовить двумя способами: раскалыванием и отливанием по частям.

Первым способом формы делают на модельно-формовочном станке. Модель *6* (рис. 22) покрывают шеллаком и мыльной смазкой, ставят вверх дном на планшайбу, центрируют и закрепляют. На дно наливают гипсовую суспензию и обтачивают схватившийся гипс до получения нужного вида донного вкладыша *7*. Готовый донный вкладыш покрывают изоляцией и об-

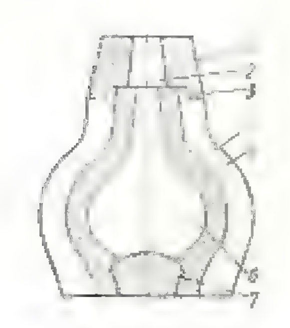


Рис. 22 Сечение раскалываемой формы



Рис. 23. Раскалывающая пластина:

1 — часть в оболочке с анкерным креплением; *2* — раскалывающая плоскость

ливают его и модель гипсовой суспензией, делая оболочку. Гипс обтачивают во влажном состоянии, оставляя вокруг модели слой толщиной 3—4 см. Полученную форму переворачивают, центрируют на планшайбе и вытачивают шарнир *3*. После схватывания гипса остается отлить кольцо *1* и проточить литник *2*. С готовой формы снимают крышку и на форме прочерчивают осевую линию *4*, по которой пропиливают гипс на глубину примерно 2 см, и раскалывают форму по плоскости *5* специальными пластинами.

Раскалываемые формы обеспечивают хорошее качество изделия, швы в них не бывают широкими, не выступают и не проявляются после обжига. Раскалывающие пластины соответствуют размерам пропиливаемой плоскости формы (рис. 23). При серийном изготовлении рабочих форм их закрепляют в оснастке, что позволяет исключить пропиливание. Приспособления такого вида обеспечивают точность размеров форм и экономию времени на их изготовление.

При отливании форм по частям также нужен донный вкладыш, который можно сделать вручную или на станке. Вкладыш приклеивают шеллаком к модели, чтобы при дальнейших операциях он не свалился. На модели и донышке прочерчивают линию, делящую модель на две равные части. Модель укладывают горизонтально в глиняную массу почти до средней линии, покрывают изолирующим составом и заливают гипсовым раствором. После схватывания гипса убирают глиняное основание, вынимают модель и донный вкладыш, а форму сошлифовывают точно до средней линии. Чтобы края половинок формы и средние линии совпали, вырезают замки, покрывая их изоляцией, затем отливают вторую половину формы. Как и для раскалываемых форм, здесь необходимо кольцо с литником.

Второй способ изготовления форм для предметов простой

конфигурации, например ваз, слишком трудоемкий. Однако для сложных моделей эта технология неизбежна. По сравнению с раскалываемыми у отливаемых по частям форм относительно широкие швы.

Модельная оснастка. При серийном производстве тонкокерамических изделий используют большое количество рабочих форм. Изготовлять их надо по возможности простым способом, что обеспечивают с помощью рабочих капов, которые отливают по маточным формам. Конструкция рабочего капа зависит от сложности модели и назначения рабочей формы — для литья или формования.

Рабочие капы для форм должны быть абсолютно симметричными, чтобы изделия после формования не имели разную толщину, снижающую качество продукции и приводящую к отходам.

При изготовлении состоящих из нескольких частей рабочих капов для чайников, кувшинов, ваз рекомендуется поддерживать постоянным водогипсовое соотношение, чтобы предотвратить различное расширение гипса. Результатом отклонения может стать смещение и утолщение швов. Внешняя часть капа должна быть выполнена так, чтобы формолитейщику было удобно с ним работать.

СИНТЕТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ МОДЕЛЬНОЙ ОСНАСТКИ

Издавна модельную оснастку изготовляли только из гипса, имеющего короткий срок службы. Естественное изнашивание гипса при повторном использовании неизбежно приводит к появлению преждевременной шероховатости на поверхности формы. В формах с рельефом износ проявляется в виде сглаживания рельефа, ухудшающего внешний вид изделия. Исправление дефектов отнимает много времени, а качество изделий тем не менее ухудшается. С повышением уровня механизации, особенно на крупных предприятиях, возросла потребность в большом количестве форм высокого качества, поэтому возникла необходимость в новых материалах.

Первые успехи были достигнуты при использовании синтетических эпоксидных смол (эпилокса). Проводили эксперименты с нафтофлексом и другими синтетическими смолами группы резиноэластичных материалов. Рабочие капы из синтетических материалов изготовляют одно- и многослойными (рис. 24).

Для дальнейшего улучшения качества и повышения срока службы модельной оснастки в ГДР в настоящее время применяют материал на основе полиуретана. Параллельно проводят эксперименты с более дорогим силиконовым каучуком. Модельная оснастка из полиуретана не подвергается усадке, деформация едва заметна. При нулевой прочности на сдвиг материал обладает пределом прочности при растяжении 2,16 МПа.

Полиуретан получают при комнатной температуре. Отвердитель добавляют



Рис. 24. Рабочий кап из эпоксидной смолы для тарелки (*а*) и блюдца (*б*).
1 — гипсовая часть; 2 — металлическая петля для анкерного крепления; 3 — второй эпоксидный слой; 4 — первый эпоксидный слой; 5 — маточная форма; 6 — стеклянная или металлическая пластинка для ограничения толщины слоя смолы; 7 — литник; 8 — выпускные каналы

непосредственно перед обработкой. Можно вводить в смесь до 50 % наполнителей. При перемешивании следят за тем, чтобы не образовывались воздушные пузырьки. Литье следует проводить в вентилируемом помещении. Нужна защитная одежда и перчатки. Чтобы получить рабочие капы высокого качества, модели, по которым их отливают, должны быть абсолютно сухими, без прилипших посторонних частиц. Поврежденные места рекомендуется предварительно исправить, так как доработка капа трудоемка и снижает качество рабочих форм.

После покрывания капа шеллаком его смазывают раствором пчелиного воска с тетрахлорметаном. Силиконовые масла и жиры используют, если возможна тщательная очистка поверхностей капа.

Отверждение смеси — это экзотермическая реакция. Возможность деформации предотвращают многократным заливанием пластмассы тонкими слоями, что снижает напряжения. Отверждение обычно заканчивается через 24 ч. Максимум прочности достигается через 36 ч и зависит от количества добавленного отвердителя. Для достижения более высокой прочности, особенно крупных капов, во второй или третий слой смеси можно вводить стекловолокно или другую ткань. В последний слой заливаемой смеси закладывают металлические скобки, которые соединяются с гипсом, расположенным поверх синтетической оболочки, и придают сборным капам лучшую устойчивость.

Специальный метод изготовления форм — литье с сердечником, когда синтетическую смолу для экономии материала заливают вокруг сердечника. Таким способом можно изготовлять только некоторые виды форм.

РАБОЧИЕ ФОРМЫ

С помощью рабочих капов изготовляют большие партии рабочих форм. Ни капы, ни рабочие формы не должны быть повреждены, так как мельчайшее повреждение поверхности капа переносится на рабочую форму, а с нее на полуфабрикат, качество которого ухудшается. Гипсовая суспензия должна быть однородной, без комков и пузырей воздуха. Она не должна схватываться ни слишком быстро, ни слишком медленно, иначе получатся формы с дефектами и технологический процесс будет нарушен.

Разъемные формы должны плотно закрываться, части формы должны точно совпадать и не должны оставлять широких и кривых швов. Изолирующую смазку надо наносить на капы тонким слоем, чтобы на формах от нее не оставалось отпечатков. При заливании гипса следят, чтобы он не вытекал на

опорные кольца нижней части. Особенно важно это для процесса формования: формы из-за этого не будут соответствовать приемным гнездам формовочных полуавтоматов.

Вынутые из капов формы нельзя ставить высокими столбами, потому что влажные формы легко деформируются. Для складывания форм надо применять удобные подставки.

В то время как на небольших предприятиях рабочие формы отливают на стационарных литейных столах, на крупных предприятиях используют горизонтально замкнутые конвейеры с приемными платформами. Готовые формы после зачистки собирают в сетчатые ящичные поддоны и направляют для сушки в туннельную сушилку. Затем формы поступают на склад или к формовочным агрегатам.

В связи с высокими механическими и термическими нагрузками, испытываемыми формами на поточных линиях по изготовлению полых изделий и на полуавтоматах, в ГДР перешли к использованию полиуретановых (завода синтетических материалов в г. Шварцхайде) и фенольных (фарфорового завода в г. Триптисе) форм. Полиуретановые формы отличаются меньшей массой и большей точностью размеров. В то время как гипсовые формы для кружек выдерживают максимально 150 циклов формования, долговечность полиуретановых форм с рельефом составляет 5000 циклов, гладких без рельефа — 8000 циклов. Гипсовые формы выдерживают температуру сушки 50—60 °C, синтетические 60—80 °C.

Сложно изготовление форм с рельефом, так как для этого требуются металлические модели, на которых гравируют рельеф.

Формы из нескольких частей, например для чашек с ножкой, по-прежнему делают из гипса.

В настоящее время проводятся эксперименты по использованию синтетических материалов для изготовления форм для плоской посуды *.

ПРИГОТОВЛЕНИЕ ГИПСОВОЙ СУСПЕНЗИИ

Непрерывное совершенствование формовочных агрегатов сопровождается повышением требований к производству форм. Основные из них — высокая износоустойчивость, точность размеров, сокращение срока изготовления партии форм. Эти требования не гарантируются при ручном способе литья суспензии из лейки с неконтролируемой засыпкой гипса.

Непрерывнодействующие машины для приготовления гипса в сочетании с литейными конвейерами позволяют удовлетворить новым требованиям к производству форм (рис. 25).

* В фарфоро-фаянсовой промышленности СССР широко используются формы для тарелок и блюдец из поливинилхлорида и других материалов, заменяющих гипс. — *Прим. науч. ред.*

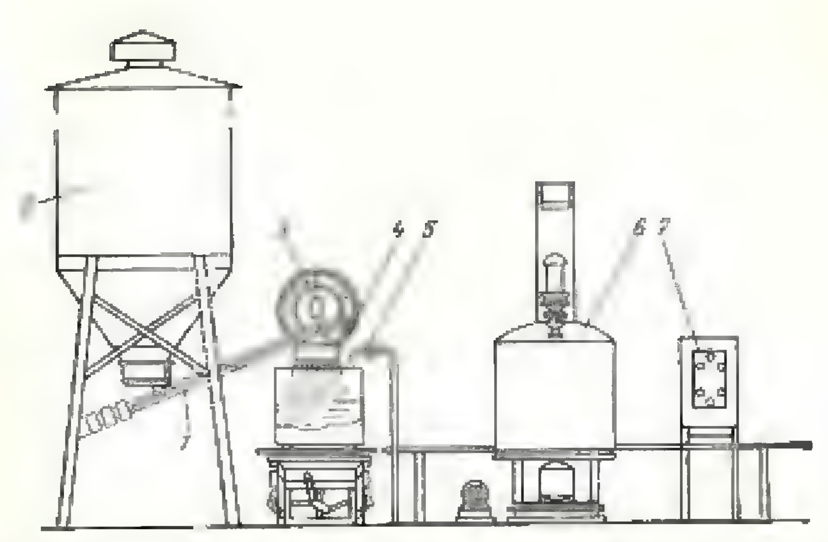


Рис. 25. Установка для механизированного приготовления гипсовой суспензии.

1 — питающий шнек; 2 — бункер для гипса; 3 — весы с дозатором; 4 — насыпающее устройство; 5 — магнитный вентиль; 6 — вакуумирующее устройство; 7 — распределительный щит автоматического управления

Получение и определение водогипсового соотношения. Гипс, как и другие порошкообразные вещества, для быстрой и лучшей гомогенизации надо засыпать в воду, а не наоборот. Засыпку осуществляют быстро по всей поверхности воды. Полное насыщение водой гипса составляет 2 мин.

Смешивание. Для полной гомогенизации водогипсовую смесь перемешивают под вакуумом. Благодаря вакууму получают смесь повышенной плотности, что увеличивает прочность форм на 50—100 %. Изменение всасывающей способности форм при этом незначительно.

В смесительных установках «Роко-вакумат» фирмы «Родевиг» (ФРГ) все процессы полностью механизированы. Из бункера гипс направляется винтовым питателем на дозирование к автоматическим весам, настроенным на заданное водогипсовое соотношение. Из-за относительно короткого периода текучести гипсовой суспензии приготовляют порции максимально по 25 кг. Рабочий цикл машины делится на четыре процесса: дозирование, перемешивание, разливание, очищение. Все процессы происходят одновременно и так запрограммированы, что предотвращаются любые помехи.

Машина имеет четыре резервуара на карусельном столе, каждый из которых находится на одной из названных позиций. Изменение положения позиции осуществляется нажатием кнопки и зависит от времени обработки одной порции. Перед обработкой новой порции материала трубопровод путем нажатия ножной педали промывается водой.

Максимальная производительность установки 500 л/ч гипсовой суспензии.

Беспрепятственная эксплуатация установки зависит от точного программирования времени обработки суспензии. Для каждой партии гипса предварительно проверяют время начала и конца схватывания при заданном водогипсовом соотношении. Как правило, оказывается необходимым внести корректировку во время начала схватывания, чтобы предотвратить преждевременное затвердевание гипса. Свойства гипса регулируют введением таких замедлителей схватывания, как лимонная кислота или протол, которые не снижают прочности. Решающие факторы, определяющие долговечность и прочность форм, — соотношение в смеси α- и β-полугидратов, а также водогипсовое соотношение.

С увеличением количества α-полугидрата значительно увеличивается прочность форм, а всасывающая способность падает, поэтому такие гипсовые формы рекомендуют преимущественно для формования. На практике оправдали себя следующие соотношения: для формования 170—180 г гипса на 100 г воды, для литья 120—130 г гипса на 100 г воды.

В обоих случаях срок службы форм превышает 120 циклов при формовании и 60 циклов при литье. В табл. 7 показаны дефекты форм и причины их возникновения.

7. Дефекты форм и причины их возникновения

Дефект	Причина возникновения
Различная твердость изделей или форм	Использование непросеянного гипса, несоблюдение заданного водогипсового соотношения, недостаточное перемешивание суспензии
Мало сливное отверстие формы	Выливаемое количество суспензии не соответствует размерам корпуса изделия
Растрескивание швов в раскалываемых формах	Раскалывающие пластины неточно влиты в оболочку
Быстрое увлажнение формы	Слишком тонкие стенки форм

ФОРМОВАНИЕ

Технология формования развивалась от ручной обработки глины до формования на высокопроизводительных полуавтоматизированных агрегатах и поточных линиях.

Важнейшими этапами этого развития являются следующие:

1) ф о р м о в а н и е пастообразной массы: свободная лепка, с помощью гончарного круга, на ручном формовочном станке с механическим приводом, на роликовых полуавтоматах и поточных линиях;

2) л и т ь е жидкой массы: ручное в гипсовые формы, на механизированных литейных установках, на поточных линиях;

3) п р е с с о в а н и е: ручное, механизированное на прессах, на поточных линиях, изостатическое.

Многосторонние возможности моделирования и богатство форм керамических изделий способствовали тому, что для изготовления некоторых видов изделий потребовались специальные методы.

Керамические массы в отличие от других материалов (металлов, дерева, стекла, пластмасс) могут формоваться в пастообразном, жидком или порошкообразном виде и всегда в холодном состоянии при относительно низком расходе энергии.

В зависимости от способа формования различают пастообразные (влажные) массы влажностью от 20 до 26 % для формования; порошкообразные при влагосодержании 2—15 % для прессования; жидкие влажностью от 32 до 36 % для литья.

Ручной формовочный станок. Это простейшее механическое приспособление для формования тел вращения.

На формовочном станке можно формовать как плоские, так и полые изделия вручную путем срезания избытка массы закрепленным на рычаге стальным шаблоном.

Принцип формования основан на том, что положенный в форму или на форму кусок массы прижимают к ней шаблоном, придавая нужный профиль. У плоских изделий (тарелки, блюдца) при формовании шаблоном обрабатывается оборотная сторона, в то время как лицевая получается от рабочей формы.

При формовании полых изделий (суповых ваз, мисок, кружек, чашек) рабочая форма придает изделию наружную сторону, а шаблон — внутреннюю. Рабочие формы состоят преимущественно из одной части, благодаря чему не образуется швов, которые требуют ручной зачистки. Только в исключительных случаях, когда нижний диаметр изделия или детали рельефа больше, чем верхнее отверстие рабочей формы, и полуфабрикат невозможно вынуть из цельной формы, не повредив его, используют формы из нескольких частей.

Частота вращения шпинделя при формовании зависит от диаметра изделия (рис. 26): для небольшого изделия необходима большая частота вращения, для большого — небольшая. Необходимо соблюдать установленную частоту вращения, так как при большой центробежной силе, особенно у крупных изделий, не происходит уплотнения материала, из-за чего возникают дефекты.

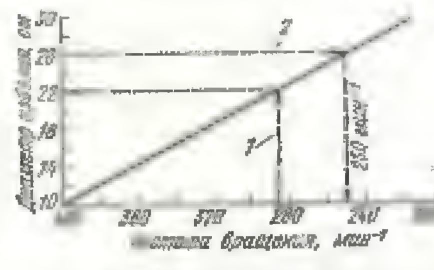


Рис. 26. Зависимость частоты вращения шпинделя от диаметра изделий *1* и *2* по Нойдерту

На основе соотношений

между диаметром изделия и скоростью формования рассчитаны циклы работы современных формовочных машин и установок, чем и определяется их производительность.

Роликовый формовочный полуавтомат. В производстве керамической посуды наиболее распространены работающие отдельно или включенные в поточные линии роликовые формовочные полуавтоматы. При этом изделие формуют не жестко закрепленным плоским шаблоном, а вращающимся объемным роликом, которым влажная масса раскатывается в полости или на поверхности рабочей формы.

Ролики применяют для изготовления как полой, так и плоской посуды. Полуавтоматы занимают мало производственной площади при необходимости могут быть переналажены на изготовление другого изделия с небольшими затратами труда. При изменении ассортимента переналадка роликового полуавтомата заключается в замене рабочих форм и формующего ролика, а также в точной настройке согласно технологическим параметрам нового вида изделия.

Основными типами полуавтоматов являются одно- и многошпиндельные с вращающимся столом или без него; с устройством для разводки пласта, которое встраивается как дополнительное.

С применением формовочных роликовых полуавтоматов уменьшилась доля тяжелого физического труда, которым отличалось формование на ручных станках. Для обслуживания полуавтоматов можно использовать женский труд без физического перенапряжения. Кроме того, с использованием полуавтоматов значительно повысилась производительность труда (табл. 8).

8. Производительность при формовании тарелок диаметром 19 см на ручных станках и роликовых полуавтоматах

Процесс	Число рабочих	Число единиц оборудования	Производительность за 8 ч
Отрезать и развести пласт	1/—	1/—	2200/4500
Отформовать изделие и срезать излишки	2/1	2/1	

Примечание. В числителе цифры относятся к ручному станку, в знаменателе — к одношпиндельному роликовому полуавтомату.

Роликовый формовочный полуавтомат состоит из жесткой станины, прикрытой съемным кожухом. Двигатель и вал главного привода расположены в его нижней части. На валу закреплены дисковые кулачки, которые могут быть прижимными и подъемными. Прижимной дисковый кулачок в полуавтома-

тах для формования плоских изделий обеспечивает прижатие заготовки массы, переданной с устройства для разводки пласта, к форме специальным приспособлением. Этим препятствуется проскальзывание пласта в момент начала вращения шпинделя. На полуавтоматах, не оснащенных устройством для разводки пласта, в том числе для формования полых изделий, такого кулачка нет.

Подъемный дисковый кулачок обеспечивает подъем и опускание формы в гнездах вращающегося стола с вакуумными шпиндельными стаканами. Как только форма достигает во вращающемся столе наивысшего положения, переданный с устройства для разводки пласт падает на форму. Заготовка массы для полого изделия падает в форму или ее укладывают туда вручную. После формования легче вынуть формы из гнезд, когда они приподняты над вращающимся столом.

Для запуска вентиля, регулирующего включение вакуума, служит специальный кулачок. Если полуавтомат оснащен двумя роликами, одним для предварительного, а вторым для окончательного формования, то необходимы два кулачка. Перед включением вакуума посадочные кольца с формами входят в шпиндельные стаканы, открывается вакуумный вентиль, формы прочно закрепляются в шпиндельных стаканах и можно начинать формование. Вакуум отключается незадолго до отрыва ролика от формы, после чего формы с изделиями можно легко вынуть из гнезд.

Перемещение ролика вверх-вниз и в сторону обеспечивают формовочный и наклоняющий кулачки. Формование начинается с наклона ролика в свое рабочее положение (наибольшее приближение к форме). Формующую головку с роликом наклоняет толкатель, работающий синхронно с основным эксцентриком и приводимый в действие наклоняющим кулачком через рычаг. После завершения процесса формующая головка возвращается в исходное положение. Основной эксцентрик и наклоняющий кулачок подвижны и заменяемы, их можно устанавливать в соответствии с условиями формования полуфабриката.

Большинство формовочных полуавтоматов оснащено вращающимися столами, которые обеспечивают механическое перемещение форм, благодаря чему формовщик может не менять своего положения. Горизонтальное передвижение вращающегося стола осуществляется с помощью мальтийского креста, который приводится в действие через редуктор. Мальтийский крест конструируют для 4—6 формодержателей, в зависимости от того, предусмотрено или нет предварительное формование, а также от размера и сложности конфигурации формуемых изделий.

Главный формующий инструмент — ролик — представляет собой объемный шаблон, который в отличие от плоских не закреплен жестко, а вращается. Ролик съемный, он закреплен

на формующей головке винтами. В качестве противовеса для стабилизации наклона формующей головки и корпуса ее подшипника на противоположном конце двустороннего рычага находятся грузы или натяжные пружины, которые удерживают направляющий ролик на формовочном кулачке. Регулируемый установочным винтом направляющий ролик обкатывает формовочный и наклоняющий кулачки, благодаря чему обеспечивается возвратно-поступательное движение формующей головки. Частота вращения формующей головки, почти во всех случаях приводимой в действие собственным двигателем, обычно регулируется бесступенчато, поэтому ее можно установить в соответствии с размером изделия.

Необходимо следить, чтобы разница частот вращения шпинделя и ролика находилась в пределах, обеспечивающих хорошее качество формования. Как правило, ролик должен отставать от шпинделя (табл. 9).

9. Частота вращения ролика и шпинделя при формовании плоских изделий на полуавтоматах

Диаметр изделия, см	Частота вращения, мин⁻¹		Разница между частотами вращения шпинделя и ролика, мин⁻¹
	ролика	шпинделя	
24	250	350	100
19	300	420	120
17	320	470	150
15	340	520	180

В отличие от плоского шаблона ролик нагревается. Температура ролика регулируется и поддерживается постоянной термостатом. Она зависит от влагосодержания массы, скорости формования, профиля изделия и от температуры помещения, где находится полуавтомат.

На рис. 27 показана конструкция формующей головки полуавтомата для плоских изделий. Формование на роликовом полуавтомате начинается с того, что после его включения в работу ролик нагревается. Температура ролика измеряется термозондом, который через каждые 20 с прикасается к нагретой поверхности, показания можно увидеть на шкале.

При нагревании между шаблоном и обращенной к нему стенкой изделия образуется пленка водяного пара, так как при соприкосновении шаблона с массой испаряется вода затворения. Водяной пар препятствует налипанию массы на ролик и обеспечивает его свободное отделение от полуфабриката после окончания формования.

Начинать формование следует только после установления заданной температуры ролика. Отклонение от установленных технологических параметров обычно приводит к появлению дефектов. В этих условиях необходима дополнительная регулировка.

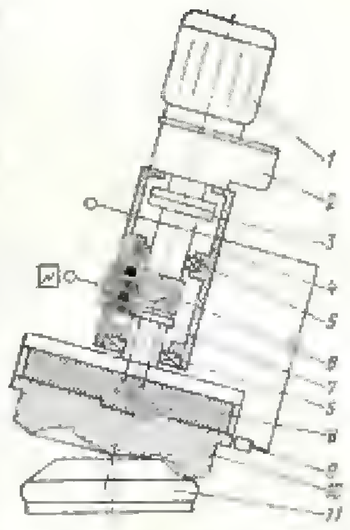


Рис. 27. Формующая головка полуавтомата для тарелок:
1 — двигатель; 2 — привод; 3 — фланцевое соединение; 4 — кожух; 5 — подшипники; 6 — контактные кольца; 7 — угольные щетки; 8 — нагреваемая плита; 9 — измерительный щуп; 10 — формующий ролик; 11 — форма

Перед формованием необходимо проверить чистоту ролика. Сухие остатки массы удаляют мягкой тряпкой или гладким куском дерева. Ни в коем случае их нельзя соскабливать металлическим инструментом. Из-за этого на ролике появляются царапины, которые снижают качество полуфабриката и могут быть устранены только трудоемкой обработкой. После очистки ролик протирают тряпкой, смоченной маслом. Надо обращать особое внимание на накипь, которая образуется на поверхности ролика вследствие испарения жесткой воды. Для удаления накипи достаточно тщательного протирания. Накипь снижает теплопроводность настолько, что показываемая прибором температура не соответствует действительной. Следующая необходимая подготовительная операция — очистка вакуум-провода, загрязнение которого остатками массы снижает глубину вакуума. В результате формы не удерживаются плотно в своих гнездах и воздух между стенкой формы и полуфабрикатом не отсасывается. Из-за этого ухудшается качество формования, последствиями чего являются прогиб дна, деформация, трещины, напряжения, которые проявляются иногда только после политого обжига.

Вакуум-провод, включая регулирующий вентиль, очищают механическим путем. Только в исключительных случаях допускается продувание его сжатым воздухом. Перед началом смены обязательно проверяют чистоту и проницаемость воздушного фильтра в шпиндельном стакане. Если проницаемость воздушного фильтра уменьшилась, то следует поставить новый или регенерированный. Целесообразно также время от времени смазывать маслом внешнюю сторону посадочных колец. Этим предотвращается их заклинивание и обеспечивается беспрепятственное поднимание и опускание вместе с формами.

Настройка полуавтомата начинается с установки формы на вращающийся стол. После включения полуавтомата форма при

повороте стола попадает под формующую головку. Когда последняя достигает своего крайнего нижнего положения, полуавтомат останавливают, чтобы настроить приспособление для срезания избытка массы, не подвергая опасности рабочего. Приспособление устанавливают так, чтобы оно срезало избыток массы, выступающий за пределы диаметра или высоты отформованного полуфабриката. При этом оно не должно накладываться на гипсовую форму. Гипсовая пыль, попадающая на поверхность или внутрь изделия, приводит к дефектам, которые обычно выявляются только после обжига.



Рис. 28. Контроль толщины черепка

При настройке полуавтомата проверяют также толщину черепка (рис. 28).

К дальнейшим подготовительным работам относится контроль положения подъемного дискового кулачка. Когда он достигает своего наивысшего положения, его середина должна быть перпендикулярна направляющему ролику подъемного рычага. В таком положении также надо проверить, чтобы направления движения приводного ролика, мальтийского креста и направляющего ролика вращающегося стола совпадали. Если это соблюдено, то формы в соответствии с рабочим тактом останавливаются на заданных позициях.

Не следует забывать о проверке уровня масла. Если масленки заполнены маслом, то смазка посадочных колец происходит самостоятельно. При плохой смазке действие вакуума оказывается недостаточным, так как посадочные кольца сидят неправильно и заклиниваются.

Следующий очень важный этап — контроль состояния массы. Из плохой массы даже самый лучший формовщик на самой хорошей машине не сможет дать продукции высокого качества.

Кроме того, надо осуществлять следующий контроль. Диаметр заготовки как полых, так и плоских изделий должен соответствовать технологически заданному размеру изделия. При недостаточном размере заготовки массы не хватит для изготовления изделия, при увеличенном диаметре остается слишком много отходов. Диаметр заготовки должен быть равен диаметру ножки изделия.

Заготовки массы должны иметь заданную толщину. Определяется она расстоянием между струнами разрезающего устройства. Заготовки массы с обеих концов скалки обычно уходят в отходы. Они, как правило, пересушены или не имеют заданной толщины. Следует по возможности снижать отходы массы.

Скалки массы надо бережно хранить и транспортировать. Смятые и деформированные скалки всегда вызывают отходы, так как при этом нарушается текстура массы. В результате появляются трещины после сушки или деформация после политого обжига.

Загрязненную массу нельзя формовать, ее надо возвращать на переработку.

Масса должна быть хорошо вакуумирована. Если при разрезании скалок на заготовки в них обнаруживаются включения воздуха, массу также нельзя формовать, так как будут возникать воздушные прослойки, которые приведут к растрескиванию полуфабриката.

Если нет никакого приспособления для определения формуемости массы прямо на рабочем месте, то общее представление о ее состоянии и влажности получают надавливанием пальцами. Точно измеряют степень формуемости массы в заводской лаборатории.

Работа на полуавтомате начинается с того, что пустую форму вынимают из сушилки и устанавливают в приемное кольцо вращающегося стола. Поврежденные и загрязненные формы заменяют новыми. При формовании плоских изделий отрезанный пласт накладывают по центру формы и слегка прижимают, чтобы его не сбросило в начале вращения шпинделя. При формовании полых изделий заготовку массы помещают в форму. Массу предварительно разрезают на заготовки. Запас не должен быть больше одной разрезанной скалки массы.

Работа роликовых полуавтоматов с устройством для разводки пласта осуществляется следующим образом: отрезанный пласт укладывают на покрытый пористой резиной приемный диск. При вращении стола пласт попадает под прижимную плиту и прилипает к ней. Во время вращения прижимной плиты под воздействием устройства для разводки пласта заготовка распластывается, по крайней мере, до половины первоначальной толщины. Благодаря такой обработке устраняется текстура массы, образующаяся в вакуумном прессе. При следующем такте срезанный пласт оказывается точно над серединой формы и прижимается к ней плитой, которая выдавливает воздух и препятствует сбрасыванию пласта в начале процесса формования.

На следующей позиции происходит формование. При повороте стола форма с наложенным и прижатым пластом массы оказывается под формующей головкой. Форма плотно удерживается в гнезде вакуумом. Отсасывание воздуха происходит через внутреннюю часть полого шпинделя. Другое назначение вакуума — отсасывать воздух, находящийся между формой и образующимся черепком. Процесс обусловлен воздухопроницаемостью гипсовых форм. Дно формы из синтетических материалов для формования полых изделий состоит из другого, чем

корпус, пористого и воздухопроницаемого материала или в нем просверлено отверстие.

При формовании срезают избыток массы. Обрезки собирают в установленный рядом короб и направляют для повторного использования. После формования под воздействием формовочного кулачка ролик поднимается над формой, и формование заканчивается. После следующего поворота стола форма оказывается на позиции, где ее вынимают из гнезда и переставляют в сушилку.

На рис. 29 показана формующая часть полуавтомата для кружек.



Рис. 29. Формующая часть полуавтомата для кружек

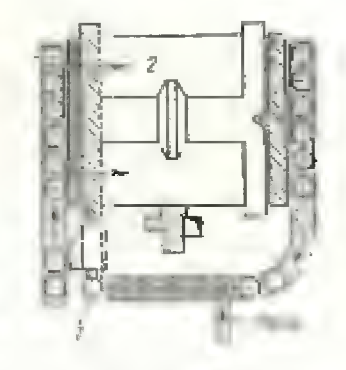


Рис. 30. Схема поточной линии для формования крупных изделий

Рациональное изготовление полых керамических изделий большого диаметра и глубины представляет значительные трудности. Трудоемкое ручное литье сначала заменили формованием на ручных станках, которые работали с необогреваемыми жестко закрепленными плоскими шаблонами. Возможности их применения были ограничены. В настоящее время керамическая промышленность располагает полуавтоматами для формования крупных изделий. Поточная линия (рис. 30) включает полуавтомат *1*, устройство для перестановки форм, конвейеры и сушилку *2*. На полуавтомате можно формовать изделия диаметром до 40 см и глубиной до 38 см. Производительность 120 шт./ч.

Пустые формы с роликового конвейера поступают к переставляющему устройству, состоящему из двух пар захватов, которые автоматически поднимают и поворачивают, снимают и снова устанавливают формы на роликовый конвейер. Захваты работают синхронно: в то время как один поднимает форму и сдвигает ее к формующей головке, второй забирает форму с только что отформованным изделием с позиции обработки и переставляет на роликовый конвейер.

Формование происходит так же, как на роликовом полуавтомате. При формовании форма удерживается на шпинделе вакуумным устройством. После формования выталкиватель приподнимает ее над формодержателем. Затем изделия проходят через предварительную сушилку, далее их зачищают, приставляют к ним детали, после чего помещают в сушилку для окончательной сушки.

Поточные линии. На заводах ГДР преобладают поточные линии, изготовленные машиностроительным предприятием «Тюрингия» (г. Зоннеберг). Производительность оборудования на поточной линии и качество получаемой на нем продукции соответствуют современным требованиям. В поточных линиях использованы новейшие контрольно-измерительные и регулирующие устройства.

Поточные линии обычно разделяют по видам выпускаемых на них изделий.

В настоящее время в ГДР используют следующие поточные линии (табл. 10).

10. Типы поточных линий, используемых в ГДР, для формования тарелок и блюдец

Тип поточной линии	Число рабочих шпинделей	Производительность, шт./ч	Назначение
K/DTe A2	2	800—1000	Для тарелок диаметром 17—23 см, иногда до 26 см
K/DTe A4	4	1100—1300	Для тарелок и блюдец диаметром 11—19 см
K/DS A4	4	1200—1600	

Поточная линия состоит из узла для приема массы; устройства для перемещения и дозирования массы; формующего узла; переставляющего устройства, обслуживающего сушилку и оправочную установку; сушилки и оправочной установки.

На рис. 31 показана схема поточной линии для формования тарелок K/D Te A2.

Поточную линию для тарелок обычно обслуживает один оператор. При использовании поточных линий K/D Te A2 в настоящее время переходят к многостаночному обслуживанию. В головной части линии находятся важнейшие функциональные механизмы; отсюда осуществляется управление всеми важнейшими узлами. На передней стороне головной части находятся салазки с формовочными шпинделями.

Вся транспортная система, в том числе вращение формовочных и дисковых кулачков и перемещение салазок, приводится в действие главным приводом.

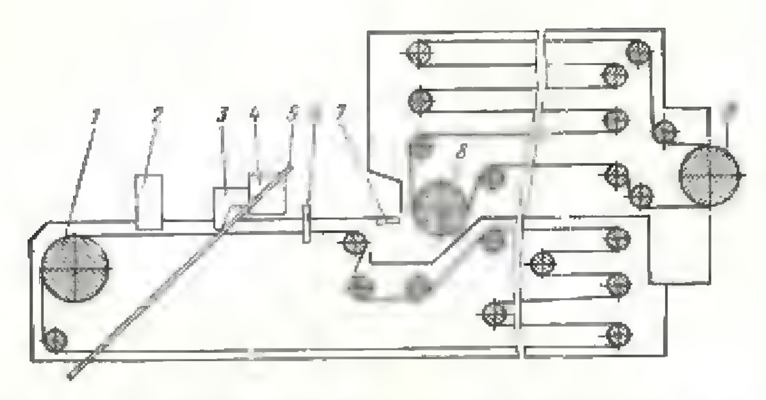


Рис. 31 Схема поточной линии для формования тарелок K/DTe A2·

1 — приводная звездочка первой сушилки; *2* — формующий узел; *3* — вакуум-пресс; *4* — массорезка; *5* — конвейер для подачи массы; *6* — опрокидывающее устройство; *7* — переставляющее устройство, *8* — приводная звездочка второй сушилки; *9* — выгрузка

На поточных линиях, не оснащенных устройством для разводки пласта, формование проводится непосредственно после наложения пласта на форму вручную.

При работе поточных линий для формования тарелок и блюдец осуществляются следующие процессы, которые необходимо контролировать.

Подача массы	— скалки массы вручную укладывают на конвейер, который передает их в массорезку, откуда масса попадает в вакуум-пресс, где происходит дополнительное вакуумирование и гомогенизация массы, а также ее дозирование для последующего разрезания на пласты
Разводка пласта	— на поточных линиях, не оснащенных вакуумирующими устройствами, пласт вручную накладывают на шпиндель для разводки; на поточных линиях с вакуумирующими устройствами все эти процессы осуществляются автоматически
Формование	— формование осуществляется так же как и на отдельных полуавтоматах, с той разницей, что одновременно формуют два или четыре изделия
Предварительная сушка (первая стадия)	— изделия высушиваются до так называемого кожетвердого состояния, характеризующегося относительной влажностью 15±3 %. На этой стадии полуфабрикату придается прочность, что позволяет снять его с формы без деформации и повреждения и передать на окончательную сушку

Перестановка	— после перестановки изделий в сушилку для окончательной сушки формы проходят через опрокидывающее устройство и возвращаются к формовочному узлу. При опрокидывании полок сбрасываются изделия с трещинами, которые не были взяты переставляющим устройством, а также поврежденные формы. Отбракованные формы и обломки полуфабриката доставляются конвейером в поставленный рядом ящик для отходов

Рассмотрим особенности агрегатов поточной линии для формования кружек. На этих поточных линиях можно формовать кружки, глубокие чашеобразные изделия, сахарницы различного профиля и другие полые изделия вместимостью от 0,1 до 0,4 л.

На поточных линиях для формования полых изделий выполняются операции, следующие после формования, такие, как сушка и оправка. Производственный процесс прерывается, когда к изделию надо приставить ручку. Ручки изготовляют отдельно, их приставляют также вне поточной линии.

Линии могут быть дополнены оборудованием для подглазурного или внутриглазурного декорирования. В этом случае изделия обжигают один раз в щелевых печах.

Технологический процесс на поточных линиях для формования полых изделий разделяется на следующие этапы.

Подача массы	— скалки массы укладывают на подающий и накапливающий конвейеры; фотоэлемент регулирует подачу и сигнализирует перебои, за счет чего обеспечивается непрерывная работа агрегата и возможность многостаночного обслуживания. Распределительным конвейером, снабженным желобками или выступами, скалки массы в такт работы агрегата подаются питающим шнеком на вакуум-пресс. После вакуумирования и гомогенизации масса подается к выходному концу вакуум-пресса, который чаще всего снабжен раздваивающимся мундштуком, направляющим массу к формам. Пневматическим устройством отрезается кусок скалки заданной длины, который механическим устройством укладывается в форму или падает в нее свободно. Количество массы регулируется в зависимости от вида и размера полого изделия
Формование	— происходит так же, как и на роликовых полуавтоматах. На рис. 32 показан формующий узел поточной линии для изготовления полых изделий
Предварительная сушка	— после формования изделия в формах проходят через сушку. Время сушки 3—5 мин. При этом масса отдает 30—40 % влаги. Полуфабрикат сушат, чтобы получить возможность выполнить оправку, замывку и приставить ручку

Перестановка в оправка полуфабриката	— работа переставляющего устройства регулируется пневматически. Изделия присосками переставляются на оправочный конвейер, где выполняют оправку и замывку краев. Для приставки ручек изделия снимаются с конвейера, а после приставки возвращаются на него. Пустые формы после автоматической очистки и короткого подсушивания снова попадают к формующему узлу
Окончательная сушка (вторая стадия)	— оправленный полуфабрикат с приставленными ручками попадает в сушилку, где высушивается в течение 1—1,5 ч при температуре 120 °С

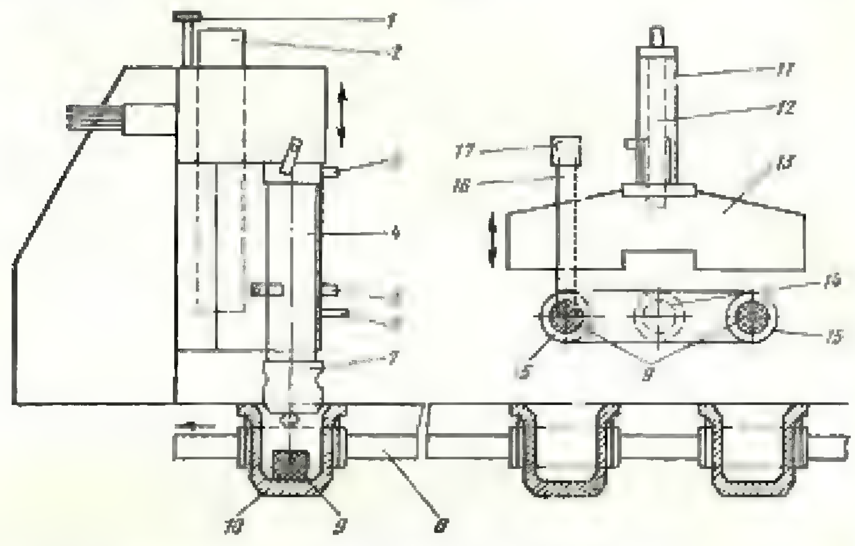


Рис. 32. Формующий узел поточной линии для изготовления полых изделий:
1 — установочный винт для регулирования толщины дна изделия; *2* — гидроцилиндр, *3* — установочный винт для регулирования наклона держателя ролика; *4* — держатель ролика; *5* — установочный винт для регулирования толщины стенки изделия; *6* — направляющая планка, *7* — ролик; *8* — цепь; *9* — заготовка массы; *10* — форма; *11* — пневмоцилиндр; *12* — поршень; *13* — резак массы; *14* — выходной мундштук; *15* — раздвоенный мундштук; *16* — установочная кулиса; *17* — конечный выключатель

ЛИТЬЕ

Литье применяют тогда, когда изделия нельзя получить формованием при вращении или прессованием.

Литье можно осуществлять сливным, наливным или комбинированным способом. Выбор способа определяется не только конфигурацией изделия, но и экономическими соображениями. При всех способах время образования черепка зависит от свойств шликера, состояния и качества форм, условий производства.

Как правило, отливают изделия асимметричные (например, кофейники, которые можно получать сразу с ручкой, исключая

операцию приставки), художественные керамические, особенно с рельефной поверхностью, и санитарные.

Для литья необходима жидкая масса — шликер. В состав шликера входят те же компоненты, что и в формовочную массу. Чтобы придать шликеру литейные свойства, кроме воды, добавляют еще разжижители. Жидкая суспензия шликера представляет собой гетерогенную смесь жидкости и твердого вещества.

В качестве разжижителей используют карбонат натрия и жидкое стекло, раствор едкого натра, нашатырный спирт или поташ. В разжижитель годятся все вещества, дающие щелочную реакцию.

При разжижении протекают процессы диссоциации. Свободно перемещающиеся ионы способствуют сохранению взвешенного состояния частиц в шликере. Происходящие при этом химические реакции можно представить следующими уравнениями:

диссоциация воды $2H_2O \rightleftharpoons 2H^+ + 2OH^{--}$

диссоциация карбоната натрия $Na_2CO_3 \rightleftharpoons 2Na^+ + CO_3^{--}$

диссоциация жидкого стекла $Na_2SiO_3 \rightleftharpoons 2Na^+ + SiO_3^{--}$

вторичная реакция воды и карбоната натрия $2H^+ + CO_3^{--} \rightleftharpoons H_2CO_3$

$$H_2CO_3 \rightleftharpoons H_2O + CO_2$$

вторичная реакция воды с жидким стеклом $2H^+ + SiO_3^{--} \rightleftharpoons H_2SiO_3$

$$H_2SiO_3 \rightleftharpoons H_2O + SiO_2$$

Количество добавляемого разжижителя колеблется от 0,1 до 0,4 %, а содержание воды составляет 30—35 %. Какое количество разжижителя надо добавить, определяют экспериментально. Гумусовые глины и каолины хорошо разжижаются, так как они содержат гуминовые кислоты, которые значительно усиливают диссоциацию. Известно, что глины и каолины одних месторождений (например, Шпергау и Зальцмюнде) более склонны к разжижению, чем других (например, каолины месторождения Кемминц).

Литейные массы следует приготовлять очень тщательно. Ни в коем случае масса не должна содержать большого количества тонкодисперсных частиц, так как при этом она не может иметь хороших литейных свойств. Шликер должен состоять из смеси частиц различного размера.

Литейные массы обладают особым свойством — тиксотропностью. В состоянии покоя тиксотропный шликер самопроизвольно застывает, расслаиваясь и становясь студенистым. Это состояние можно на время прекратить, для чего достаточно

Интенсивным перемешиванием состояние шликера изменяют. На предприятиях с кольцевым трубопроводом, к которому подключают шланги для отбора шликера, ситовое обогащение шликера происходит непрерывно перед накачиванием в трубопровод.

Каждую форму наполняют шликером до верха (рис. 35). Струя должна быть перпендикулярна дну, но не стенкам формы, иначе на изделии появляются литейные пятна. Использование литьевого конуса также предотвращает появление дефектов (рис. 36). Конус сконструирован таким образом, что при выливании из шликера могут выделяться пузырьки воздуха. Другой способ удаления пузырьков воздуха заключается в перемещении деревянного стержня в форме после заполнения ее шликером, что одновременно содействует более равномерному образованию черепка. Для этой же цели используют литье при вращении: формы стоят в центре шпинделя, который с началом заливки шликера вращается вручную или механически.

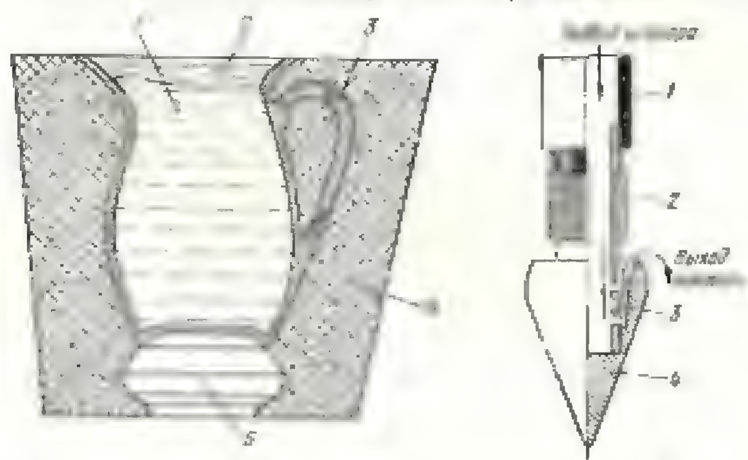


Рис. 35 Образование черепка при литье сливным способом:

1 — шликер; 2 — заливочное отверстие; 3 — черепок; 4 — гипсовая форма; 5 — литьевой вкладыш

Рис. 36 Литейный конус:

1 — резиновый шланг; 2 — соединительная муфта; 3 — отверстия конуса; 4 — конус

Через заданное время оставшийся в форме шликер сливают. Необходимо следить, чтобы время выдержки соответствовало виду изделия. Выливать шликер надо медленно, в противном случае он может потянуть за собой и разрушить образовавшийся очень мягкий черепок.

После опрокидывания формы некоторое время остаются в таком положении для вытекания остатков шликера. За это время, называемое подвялкой, полуфабрикат настолько высыхает, что его можно уже обрабатывать — срезать швы, удалять литники и наплывы у носика, а также замазывать и

заклеивать отверстия в местах соединения ручки с корпусом.

Вынимают полуфабрикат очень осторожно, как правило, после подвялки и подсушки, благодаря которой изделие отделяется от формы. Сначала снимают крышки, форму открывают, сдвинув боковые половинки, после чего извлекают полуфабрикат (рис. 37). Далее форму очищают и подготавливают к следующему циклу литья.



Рис. 37. Кофейник в литейной форме

Наливной способ литья. Если при сливном способе литья толщина черепка зависит в основном от длительности пребывания шликера в форме, то при наливном способе она определяется зазором между частями формы. Наливной способ применяют для изготовления изделий, толщина стенок которых должна быть различной, и для овальных или многоугольных плоских предметов. Ручки и другие асимметричные изделия, которые нельзя отформовать при вращении, также изготовляют преимущественно наливным способом литья.

Для наливного способа применяют чаще всего разъемные формы. Все, что было отмечено о состоянии форм и необходимых подготовительных работах при сливном способе, справедливо и для наливного литья. Отпадает только необходимость закрепления боковых стенок форм. При наливном способе для обеспечения устойчивости на их крышки обычно кладут тяжелый груз. Наливной способ используют также при столбовой заливке форм шликером.

Для наливания применяют воронки или литьевые ванны, из которых шликер вытекает через отверстие в дне, закрываемое и открываемое деревянным стержнем. Таким образом можно одновременно заполнить много форм. Заливать формы надо равномерно и не очень быстро. Находящийся в форме воздух удаляется через предназначенные для этого отверстия. Выделение воздуха облегчается, когда формы немного наклонены.

Время образования черепка обычно немного меньше, чем при сливном способе. Об упрочнении черепка судят по отделению от формы литников, после чего верхнюю часть формы снимают, облегчая подвялку полуфабриката, находящегося в нижней части формы. Верхнюю часть ставят в сушилку. В это время уже можно проводить подрезку горловины так же, как и приклеивание опор (контрножек) к дну больших плоских предметов

После подвялки изделия вынимают из форм и укладывают

на гипсовые плиты для сушки. Склонный к деформации полуфабрикат нагружают гипсовым кольцом и так передают в сушилку. Освобожденные формы подготавливают для следующего цикла литья.

Комбинированный способ литья. Комбинированный способ сочетает в себе наливной и сливной способы. Его применяют тогда, когда предметы, состоящие из нижней и верхней частей, нельзя или не хотят отливать вместе. Сначала наливным способом отливают нижнюю часть, затем сливным способом верхнюю. Избыточный шликер из части, отлитой сливным способом, выливают после окончания образования черепка этой части.

Такие условия комбинированного литья должны учитывать как скульптор, так и литейщик. Заключительные работы не отличаются от проводимых при других способах литья.

Механизация литья. Работа на участках литья длительное время отличалась низкой степенью механизации и относительно низкой производительностью труда. В настоящее время разработаны различные конструкции горизонтальных и вертикальных литейных конвейерных установок и литейных агрегатов, на которых можно осуществить все способы литья. Горизонтальные конвейерные установки применяют преимущественно для наливного способа, они хорошо зарекомендовали себя также для литья форм и ручек. По конструктивному признаку различают установки с прямолинейным конвейером, выполняемые иногда с рельсовым транспортирующим устройством, и карусельные.

При использовании карусельных установок многие операции еще выполняются вручную, прямолинейные конвейеры более совершенны — в них формы стоят на транспортирующих устройствах, которые могут располагаться рядом или один под другим. Конвейеры оснащены поворотными устройствами и образуют замкнутую систему.

Современные литейные конвейерные установки переведены частично на автоматическое регулирование. Технологически обусловленное время цикла легко изменяется в зависимости от размера и особенностей конструкции изделий. Процесс литья на линейной конвейерной установке фирмы «Нетцш» (ФРГ) осуществляется следующим образом (рис. 38). Шликер подается из расположенного на возвышении расходного резервуара *10*, оснащенного мешалкой, которая позволяет поддерживать стабильную консистенцию. Дозирующее устройство двухструйной литейной машины *11* обеспечивает регулируемую подачу шликера в заданное время. Автоматическое открывание и закрывание вентилей осуществляется посредством электродов, погружаемых в шликер. После заливки шликера формы проходят через обогреваемый туннель *8*; благодаря воздействию тепла время образования черепка сокращается.

Расположенное далее опрокидывающее устройство *5* накло-

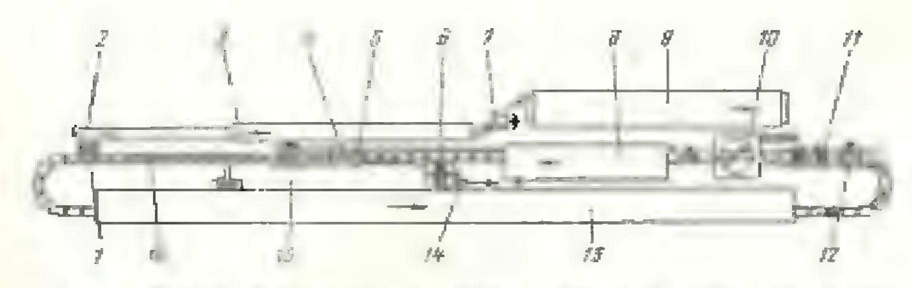


Рис. 38. Линейная конвейерная литейная установка конструкции фирмы «Нетцш» (ФРГ)

няет формы настолько, что избыток шликера вытекает по желобу *4* в углубленный резервуар с электромешалкой *6*, а оттуда мононасосом *14* перекачивается обратно в расходный резервуар *10*.

После истечения времени подвялки устройство *15* переворачивает формы, рабочий снимает с них крышки; под трубопроводом с соплами *16* происходит сушка внутренней поверхности полуфабриката и перевернутой крышки формы. Открывает и переворачивает формы один рабочий, другой рабочий после того как узел *1* раздвинет формы, переставляет полуфабрикат на конвейер *2* сушилки *3*. После предварительной сушки полуфабрикат вынимают, оправляют на столе *7* и переставляют в сушилку *9* для окончательной сушки.

Формы проходят через сушилку *13* и устройство *12*, которое их закрывает, рабочий подготавливает формы к новому циклу литья. Установку обслуживают 4—5 рабочих.

Наряду с новейшими литейными установками в настоящее время используют еще и такие, в которых механизировано только перемещение форм. Кроме того, не все литейные установки оборудованы сушилками для форм, так же как и установки для литья самих форм.

Растущий спрос на фарфоровые чашки вызывает необходимость изменения технологии литья ручек. На крупных предприятиях, выпускающих посуду, применяют установки для литья ручек. Принцип их работы такой же, как других литейных установок. Работа значительно облегчается благодаря автоматической заливке форм и прохождению их через сушилку. Подсушка пустых форм позволяет сократить процесс и значительно повысить производительность труда.

На вертикальных литейных установках изделия отливают в основном наливным способом. Формы ставят на свободно подвешенные полки (люльки), которые транспортируют их через всю установку. Обычно формы проходят по конвейеру дважды: первый раз до окончания набора черепка, второй раз — до кожетвердого состояния полуфабриката.

Формы заливают как при ручном литье, т. е. с помощью

шланга с редукционным вентилем, конвейер перемещается от электродвигателя.

Удобство вертикальных установок заключается в том, что одновременно можно отливать и обрабатывать разные изделия. Перемещение полуфабриката не связано с жестким рабочим ритмом. После обработки изделий, установленных на одной полке, литейщик включает конвейер. Работы завершаются после перестановки изделий в сушилку для окончательной сушки.

Литейные агрегаты совмещают в себе все процессы, осуществляемые на литейных установках. Описанная ниже машина известна под названием литейной конвейерной. За небольшим исключением все операции в ней осуществляются автоматически. Рабочие такты отдельных операций задаются реле времени, благодаря чему достигается заданная толщина черепка. Машина состоит из рамы станины с двумя боковинами, в которой находится устройство для перемещения форм. Транспортная цепь с вступающими с ней в зацепление звездочками обеспечивает перемещение полок, на которых в зависимости от величины размещается по 7—12 изделий. Формы закрепляются на полках натяжными рамами, стягиваемыми стопорными защелками. Освободив защелки, можно снять крышку форм.

Шликер подают из расходного бака с дозирующим устройством непрерывно благодаря магнитному регулированию. Вентили открываются, когда магнитный сердечник поднимает мембранный затвор и открывает доступ шликеру. Погруженные в форму электроды способствуют отключению магнитного поля после достижения заданного уровня. Опорная планка, которая до этого удерживалась магнитным полем, закрывает выпускное отверстие вентиля и прекращает подачу шликера.

Необходимо следить, чтобы к окончанию смены и в конце недели расходный бак опорожнялся и очищался. На впускные трубы вентилей для защиты от забивания затвердевшим шликером надо надевать заполненные водой напальчники.

Если машину обслуживают двое рабочих, то цикл можно сократить, повысив производительность труда. Однако при сокращении цикла должны быть обеспечены технологически обусловленная минимальная толщина черепка и время сушки форм. После выливания оставшегося в форме шликера и последующей подвялки полуфабрикат вынимают из форм вручную, проводят первые отделочные работы и полуфабрикат переставляют в сушилку.

При установке скорости работы машины и продолжительности тактов отдельных операций следует учитывать также возможности обслуживающего персонала соответствующей квалификации. Чтобы добиться безукоризненной работы оборудования и обеспечить его сохранность, необходимо неукоснительно соблюдать технологические и рабочие инструкции по обслуживанию машины.

ПРЕССОВАНИЕ

Прессование — это способ формования, согласно которому керамическая масса, имеющая низкую влажность, при высоком давлении впрессовывается в форму и уплотняется. Прессование приобретает все большее значение, так как возможна его полная механизация и частичная автоматизация.

Прессование широко используют для производства технической керамики, особенно стандартных электрокерамических деталей, плиток, изделий, а также грубой и огнеупорной керамики. Огнеприпас — капсели, плиты, стойки — также изготовляют почти исключительно прессованием. В производстве посуды способ прессования, в частности изостатического, находится в начальной стадии развития.

Способы прессования различают по следующим признакам

	Влажность массы, %	Давление прессования, МПа
Сухой	2—7	30—50
Полусухой или полувлажный	9—12	10—25
Влажный	19—21	10—15

Следовательно, для обработки сухого порошка необходимо более высокое давление, с увеличением влагосодержания массы давление прессования уменьшается.

Для выбора способа прессования наряду с экономическими критериями решающими являются свойства конечного продукта и используемой массы. Преимуществом прессования является то, что отпрессованные изделия отличаются постоянными размерами, особенно изготовленные сухим прессованием, и большей плотностью, чем литые или отформованные.

Абсолютно равномерно давление распределяется только в жидкостях. На этой закономерности основано изостатическое прессование. В пресс-порошках давление всегда распределяется неравномерно. На дне пресс-формы (матрицы) давление значительно ниже, чем под пуансоном.

Существенное преимущество прессования перед другими способами формования — незначительная потребность и расход вспомогательных устройств и оснастки. Для каждого изделия обычно используют только пресс-форму, состоящую из верхней и нижней частей, выполненных из коррозионно-устойчивых сплавов.

Точность размеров, прочность и срок службы таких пресс-форм намного превосходят гипсовые.

Для прессования керамических изделий чаще всего применяют следующее оборудование.

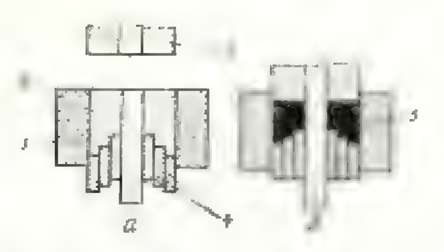
Гидравлические прессы. С помощью этих прессов можно достичь наивысшего постоянного по длине поршня давления. Прессы отличаются относительной простотой конструкции и надежностью в работе. Скорость работы их невелика, потому что пуансон поднимается также с помощью гидравлической системы.

Кривошипно-коленчатые прессы. Работают по принципу коленчатого рычага, который применяется также в щековых дробилках. Прессы используют, когда нужны средние и небольшие давления прессования.

Кулачковые или эксцентриковые прессы. Используют при низких давлениях в основном для способа влажного прессования.

Фрикционные шпиндельные прессы. Прессы работают от перемещающегося вниз и вверх шпинделя, приводимого в движение маховым колесом. Давление на пресс-форму передается почти ударом.

Сухим прессованием в основном получают изделия простой формы (рис. 39). Наряду с фарфоровыми, фаянсовыми и каменными массами сухим способом прессуют стеатитовые массы, оксиды металлов и карбиды. Хотя прочность полуфабриката невелика, он характеризуется большой точностью размеров. Для уменьшения трения в процессе прессования и повышения



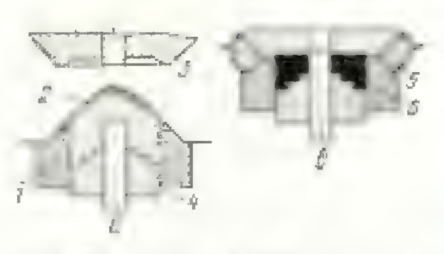


Рис. 39. Схемы заполнения (*а*) и сухого прессования (*б*):

1 — обечайка; 2 — дозированный пресс-порошок; 3 — верхний штемпель; 4 — подвижный элемент; 5 — отпрессованный полуфабрикат

Рис. 40. Схемы заполнения (*а*) и влажного прессования (*б*).

1 — обечайка; 2 — масса с избытком; 3 — верхний штемпель; 4 — нижний штемпель; 5 — выдавленная масса; 6 — отпрессованный полуфабрикат

прочности полуфабриката в массы добавляют пластификаторы, в основном такие вещества, как олеины, отработанный сульфитный щелок или смолы. Одновременно они предотвращают прилипание полуфабриката к матрице.

При сухом прессовании для получения изделия заданной формы массу предварительно дозируют. Объем массы примерно в 2—2,5 раза больше объема готового изделия. Кроме того, в процессе прессования удаляют содержащийся в грануляте воздух, занимающий до 50 % объема. Поэтому сначала прессуют изделия при небольшом давлении, затем его снижают до нуля и только после этого доводят его до полного. Давление предварительного прессования при таком способе составляет $^1/_3$ полного.

После окончания прессования выталкиватель поднимает полуфабрикат над матрицей.

Способом влажного прессования получают изделия сложной формы (рис. 40). Повышенная влажность массы уменьшает трение между частицами, а также трение их у стенок матрицы. В результате происходит лучшее течение массы. Давление прессования может быть небольшим и составлять около 20 % от давления сухого прессования. Из-за более высокой влажности массы усадка полуфабриката больше, а плотность и стабильность размеров меньше, чем при сухом прессовании. Отличается и конструкция пресс-формы.

Гранулированная масса не дозируется предварительно, а засыпается в матрицу с избытком. При опускании пуансона избыток массы выдавливается в зазор между ним и матрицей.

Изостатическое прессование — это способ, при котором пресс-порошок испытывает всестороннее давление (рис. 41). Принцип изостатического прессования основан на законе Паскаля, который гласит, что если на жидкость, которая без остатка заполняет закрытый со всех сторон сосуд, в любом месте оказать давление, то это давление распространяется во все стороны равномерно.

Рис. 41. Принцип изостатического прессования:

1 — прессующая жидкость; 2 — кожух; 3 — полуфабрикат; 4 — прессующий поршень; F — давление прессования

По сравнению с другими способами способ изостатического прессования изделий имеет значительные преимущества:

равномерную плотность и прочность получаемого полуфабриката;

возможность изготовления изделий сложной формы, которые не удается получить другими способами прессования;

меньшую стоимость оснастки, так как для изготовления пресс-форм используются эластичные материалы (резина).

Изостатическое прессование уже с успехом применяется в производстве электрокерамики. В производстве посуды оно находится на стадии эксперимента *

ОТДЕЛОЧНЫЕ РАБОТЫ

При формовании на полуфабрикате образуются технологически обусловленные неровности. К тому же изделия не всегда сразу приобретают надлежащую форму и внешний вид. К отделочным работам относятся подрезка носиков и горловины кофейников и чайников, приставка деталей, зачистка и замывка швов и поверхности.

Приставляют ручки, держатели крышек, носики, опорные ножки к дну крупных плоских изделий. В производстве художественного фарфора скульптуру и скульптурные группы часто склеивают из нескольких частей.

Для приклеивания деталей применяют приставочный шликер, соответствующий по поведению во время сушки и обжига основной массе и выдерживающий нагрузки, которые испытывает приставленная деталь при употреблении по назначению.

	Состав, %, приставочного шликера для ручек	
	супниц ваз	крупных, обжигаемых в скоростных печах
Высокопластичная глина	30	25±5
Производственная глазурь	35	28±3
Отходы формования (сушье)	35	20±3
Доломитовая мука	—	10±5

Все данные приводятся в пересчете на сухой материал. Иногда приставочный шликер приготовляют растиранием в пасту не содержащей электролита сухой массы с добавлением воды и целлюлозного клея. На крупных предприятиях приставочный шликер приготовляют отдельно. Перед подачей на рабочие места каждую партию проверяют на соответствие технологическим требованиям. Произвольное изменение консистенции шликера, например разбавление его водой, не допускается.

Детали приставляют в кожетвердом состоянии, когда они уже достаточно прочны. Кроме того, приставляемые детали должны иметь одинаковую влажность. От высыхания их защищают, прикрывая влажным полотном или пленкой.

Правильность посадки и прочность соединения приставленной детали в значительной степени зависят от подрезки посадочных плоскостей. Чем больше посадочная плоскость детали

* В настоящее время фирмы «Дорст», «Нетцш» и «Лэйс» (ФРГ) выпускают опробованное в промышленности оборудование для квазиизостатического прессования тарелок. — *Прим. науч. ред.*

соответствует месту приставки, тем лучше и прочнее держится деталь. Подрезку часто делают вручную. На крупных предприятиях имеются полуавтоматические установки высокой производительности, подрезающие и зачищающие ручки для чашек.

Приставляемую деталь надо подгонять и прижимать, избегая деформации. Шов в месте приставки заглаживают деревянным шпателем и протирают влажной губкой. Избыточный шликер осторожно удаляют. Правильность посадки деталей достигают маркировкой мест приставки. Необходимо следить за точным совпадением отверстий, например в носике и в корпусе, обеспечивающим беспрепятственное вытекание жидкости и полное опорожнение изделия.

Полуфабрикат с приставленными деталями надо сушить по возможности медленно и равномерно. Чтобы высыхали опорные поверхности, изделия ставят на гипсовые плиты, отбирающие влагу. Изделия художественной керамики со свободно свешивающимися приставленными деталями подпирают при сушке и обжиге стойками, чтобы снять нагрузку на детали и предотвратить их отпадание.

После формования сглаживают острые края бортика. При литье наряду с острыми краями появляются швы из-за применения разъемных форм. Швы следует удалять так же, как и шероховатость от повреждения рабочей поверхности старых изношенных форм.

Зачистку и замывку проводят вручную в кожетвердом состоянии полуфабриката. При механизации этих работ изделия обрабатывают после окончательной сушки. Для ручной зачистки используют так называемые болванчики или специальные подставки, в которые или на которые ставят изделия. Асимметричные изделия обычно держат в руках. Зачищают изделия ножами из нержавеющей стали, петлями из проволоки или куска плоской пружины. Оставшиеся неровности замывают влажной губкой. Литые изделия зачищают резачками. Губками устраняют неровности, которые не удалось снять при зачистке. При этом губки должны быть слегка влажными, чтобы полуфабрикат не размягчился и не пришлось его снова сушить. Воду надо часто менять. Для замывки годятся натуральные и искусственные губки.

При зачистке следят, чтобы не образовывалось много пыли. Необходимо использовать пылеотсасывающие устройства и содержать рабочее место в чистоте.

Для ликвидации трудоемких ручных операций оправки, зачистки и замывки изделий сконструированы механизированные установки. В зависимости от конструкции и принципа действия оправочные машины разделяют на карусельные и конвейерные. Это оборудование, специализированное по виду изделий, может эксплуатироваться как с частичным ручным обслуживанием, так и в составе поточных линий. Достигается

часовая производительность до 2,5 тыс. блюдец или 1,2 тыс тарелок. Производительность машины для оправки чашек равна 4,5 тыс. шт. в час. Установки действуют бесшумно и оснащены пылеотсасывающими системами.

Для зачистки и замывки плоской посуды используют оправочную установку (рис. 42, *а*), состоящую из горизонтально



Рис. 42. Оправочные установки поточной линии для формования тарелок (*а*) и кружек (*б*)

замкнутого конвейера, скорость которого регулируется бесступенчато в зависимости от размера изделия, и шпинделей с приемными гнездами для тарелок. Высушенные изделия переставляются вакуумными присосками из сушилки в оправочную установку.

До подхода к узлу зачистки тарелки начинают вращаться на шпинделях. Узел зачистки состоит из подвижных телескопических обойм с закрепленными на них тремя-четырьмя ножами из нержавеющей стали и пакетами шлифовальной шкурки, которые с небольшим давлением прикасаются к изделиям и выравнивают край. Затем полуфабрикат попадает к замывающему устройству. Вращающаяся влажная губчатая лента снимает оставшиеся выступы и неровности края. После проверки качества годные изделия загружают в накопитель или сразу же на вагонетку печи первого обжига.

При формовании полых изделий оправочные установки встроены в поточную линию. После предварительной сушки изделия вакуумным захватом подводятся к оправочной установке. В процессе оправки чашки вращаются. Для замывки края используют сложенную вдвое или разрезанную на куски губчатую ленту. Установка непрерывно снабжается свежей водой (рис. 42, *б*).

Наиболее трудоемкие работы при изготовлении чашек — это зачистка, подрезка и приставка ручек. Чтобы выполнить эти ручные работы эффективнее, сконструировали полуавтоматическую машину для подрезки и зачистки ручек. Ручки отли-

вают на конвейере или в специальной машине. Машина для подрезки и зачистки ручек представляет собой карусельный стол с шестью рабочими позициями:

1) рабочее место оператора — отлитые двойные ручки укладывают в держатели;

2) сжатым воздухом ручки обдуваются от прилипших остатков массы;

3) ручки зачищают двумя вибрирующими молоточками, приводимыми в движение электромагнитным двигателем. При этом ручки поднимаются, попадают в зону действия вибрирующих молоточков, а после окончания зачистки опускаются в исходное положение;

4 и 5) ручки отделяют от центрального стержня, которым они были соединены при литье;

6) ручки вынимают из машины.

Машина не пылит и работает бесшумно. Производительность машины достаточно высока и составляет до 1,2 тыс. ручек в час, что в 3,5 раза выше, чем при ручной работе.

ДЕФЕКТЫ ФОРМОВАНИЯ И ЛИТЬЯ

Специфика технологии тонкой керамики связана с наличием большого числа производственных дефектов. Если при ручном труде производственные дефекты, как правило, результат субъективных ошибок, то при механизированном производстве они чаще всего являются результатом объективных нарушений технологии. Не всегда возможно однозначно выявить причину нарушения, так как часто одновременно действуют несколько разных факторов. Ниже рассматриваются только важнейшие и наиболее часто встречающиеся дефекты и возможные причины их появления.

Дефекты при формовании вращением. Для ручного и механизированного формования справедливо требование содержать все инструменты в безукоризненном состоянии. При формовании плоских изделий возможны следующие дефекты (табл. 11).

Источником многих дефектов плоских изделий является неправильная установка ножа для срезания избытка массы с края изделия. При правильной установке (рис. 43, *а*) нож *1*



Рис. 43. Установка ножа приспособления для срезания избытка массы у края изделия

11. Дефекты формования плоских изделий и причины их возникновения

Дефект	Причина возникновения
Ручное формование	
Полуфабрикат прилипает к форме	Массу закладывали в форму мокрыми руками
	Влажность массы неравномерная
Царапины и борозды	Шаблон не очищен от прилипшей массы
	Шаблон установлен неправильно
Изделие недоформовано	Недостаток массы в форме
Механизированное формование	
Прогибание дна (обычно заметное только после политого обжига)	Недостаточное нагревание центральной части формующего ролика
	Небольшая разница между частотами вращения шпинделя и ролика
	Плохо уплотнена середина пласта массы
	Недостаточен вакуум
	Загрязнен формующий ролик
	Неправильно настроено устройство для разводки пласта
Деформация края, заметная после обжига	Большая разница между частотами вращения шпинделя и ролика
	Заготовка массы положена не на центр формы или смята
	Загрязнена рабочая поверхность формовочного дискового кулачка
	Асимметричность вращения формы
	Биение ролика или шпинделя при вращении
	Мягкая масса
Трещины по краю	Использованы новые или загрязненные формы
	Высокая температура сушки
	Неправильно установлено приспособление для срезания избытка массы (по краю образуются заусенцы)
	Плохое вакуумирование массы
Образование «звездочек»	Недостаточная плотность соединения элементов в машине
	Большой зазор между формами и посадочными кольцами
	Твердая масса
	Низкая скорость формования
	Загрязнен или износился формовочный кулачковый диск
Трещины по ножке	Слишком тощая масса
	Высокая температура ролика
	Низкая скорость формования
	Быстрая или односторонняя сушка
	Смещение центра ролика при наклоне
Шероховатая поверхность полуфабриката	Большая всасывающая способность гипсовых форм
	Перегреты формы
	Плохо действует вакуум
	Низкая температура ролика
	Неправильная установка ролика (борозды)
	Изношены гипсовые формы

12. Дефекты литья и причины их возникновения

Дефект	Причины возникновения
Разная толщина черепка	Несоблюдение заданного времени набора черепка
	Нестабильность свойств шликера
	Недостаточно или односторонне высушены формы
	Одновременно используются новые и старые формы
Деформация	Полуфабрикат прилипает к форме, рано вынут из формы и тиксотропность шликера
	Небрежное вынимание полуфабриката из формы
	Неровная или влажная подставка для подвяливания полуфабриката
	Неравномерная сушка, иногда из-за сквозняка
	На большие изделия не накладывали выравнивающие кольца
Трещины	Нестабильный состав шликера
	Долгое выдерживание полуфабриката в форме
	Быстрая или односторонняя сушка
	Неаккуратная подрезка края горловины или носика
	Расслоение массы из-за недостаточного перемешивания шликера в форме
	Преждевременное открывание формы (до самоотделения полуфабриката от стенки формы)
Пятна	Загрязненная или расслоившаяся масса
	Загрязненный гипс, железистые пятна
	Выкристаллизовывание электролитов
	Изделие вынимали из формы мокрыми руками
Дефекты при сливном способе литья	
Включения воздуха в полуфабрикате	Слишком быстрая заливка
	Воздух в шликере
Пятна на изделиях	Струя шликера при вытекании ударялась о боковую стенку формы
Разница толщины черепка	Не соблюдалось заданное время набора черепка
	Разная влажность форм
Отрыв полуфабриката от стенки формы при сливе избытка шликера	Резкое опрокидывание формы
Дефекты при наливном способе литья	
Волнистая поверхность	Поздно добавлен шликер
Воздушные включения в полуфабрикате	Быстрая заливка шликера
	Воздух в шликере
	Неправильно установлены формы
Деформация дна	Преждевременное вынимание полуфабриката из форм
	Нет дополнительных опор для дна

прикасается к бортику формы передней частью лезвия и не захватывает всей ширины бортика. Край тарелки обрезается чисто, форма не повреждается. Угол среза больше 90°, обычно около 120°.

При неправильной установке (рис. 43, б) лезвие ножа прикасается к форме в точке своего изгиба, угол установки слиш-

ком мал. Нож не режет, а отрывает излишки массы от края тарелки. Обрезки отводятся плохо, появляются трещины по краю. При неправильной установке (рис. 43, в) нож скользит по бортику формы и плохо срезает массу. Обрезки проходят под лезвием, из-за чего нож вибрирует и появляются заусенцы.

Дефекты при литье. В табл. 12 приводятся дефекты, типичные для ручного литья и встречающиеся также при механизированном.

ТЕХНОЛОГИЯ СУШКИ

Керамические массы обрабатывают в пастообразном или жидком состоянии. Добавляя различное количество воды затворения, изменяют технологические свойства массы. Вода распределяется между частицами массы и не связывается с ними химически. Количество добавляемой воды зависит от способа изготовления изделий и минерального состава массы.

После формования полуфабрикат надо высушить, это требуется как для выполнения последующих операций, так и для беспрепятственного проведения обжига.

Кристаллическая вода, химически связанная в глинистых минералах, не выделяется при сушке. Она отщепляется только во время обжига.

При сушке вода превращается в пар. Перевод воды из жидкой фазы в газообразную требует значительного расхода тепловой энергии. Отнесенный к температуре воздуха 20 °С он составляет примерно $2427 \cdot 10^3$ Дж на испарение 1 л воды. Сушка должна быть в значительной степени закончена перед обжигом, так как выделяющийся водяной пар при определенных условиях может охладиться до достижения точки росы. Конденсат осаждается на черепке и размягчает его, в результате чего изделие деформируется. Кроме того, при высокой температуре в зоне нагревания печи начинается интенсивное испарение воды. Поверхность изделия быстро высыхает, открытые поры сужаются и закрываются, препятствуя прониканию водяного пара наружу. В критических случаях это может привести к разрушению черепка.

При затворении водой глинистые материалы поглощают воду в такой последовательности. Сначала вода проходит в поры между частицами. Чем мельче частицы, тем более разветвлена сеть капилляров. Объем пор увеличивается, вследствие чего повышается способность материала поглощать воду. Вода пор смачивает частицы, на поверхности которых образуется водяная пленка (оболочка). С поверхности частиц вода проникает внутрь, частицы набухают. Вода набухания размягчает верхний слой частиц. Возникающий таким образом слой геля обусловливает формуемость — специфическое свойство глинистых минералов.

Поглощение воды каменистыми материалами происходит по-другому. Вода проникает в поры и адсорбируется на поверхности частиц. В каменистых материалах нет воды набухания, поэтому они поглощают значительно меньше воды, чем глинистые материалы.

Для перевода во время сушки воды затворения в газообразное агрегатное состояние необходимо, чтобы она нагревалась и испарялась, а образовавшийся водяной пар беспрепятственно выделялся, не достигнув точки росы. Возникающий над поверхностью испарения водяной пар при соответствующей температуре способен поглощать воду до состояния насыщения и уносить ее с собой из сушилки под воздействием естественного напора.

Необходимую для сушки тепловую энергию можно поставлять различными способами. Для этого пригодны теплоносители твердые, жидкие и газообразные. Наряду с экономическими критериями их выбор определяется требованиями к качеству поверхности высушиваемых изделий.

К экономически эффективным источникам тепла относится отходящее тепло и воздух охлаждения, отбираемые от газоотапливаемых туннельных, камерных и других типов печей.

В процессе принудительной сушки пар должен выделиться из сушилки, не успев сконденсироваться. Способность сухого воздуха к поглощению влаги повышается с увеличением температуры вплоть до абсолютного насыщения (табл. 13).

13. Способность сухого воздуха поглощать воду в зависимости от температуры при постоянном давлении

Температура, °С	0	5	10	15	20	30	40
Поглощение воды, г/м³	5,4	7,3	9,2	12,8	17,3	30,2	50,9

Температура, °С	50	60	70	80	90	100
Поглощение воды, г/м³	82,3	129,1	195,3	290,3	418,3	589,5

В технике за критерий состояния воздуха принята относительная влажность. Поведение смеси воздуха с водяным паром подчиняется физическим законам. В то время как для воздуха действительны газовые законы, для водяного пара — законы жидкостей. Для паровоздушной смеси большое значение имеют температура и давление. Согласно закону Бойля — Мариотта давление газовой смеси при постоянной температуре обратно пропорционально объему. Для принудительной

сушки это означает, что с увеличением плотности загрузки давление воздуха в сушилке должно увеличиваться, так как объем сушилки остается постоянным.

Для сушки изделий тонкой керамики используют преимущественно влажный воздух. При сопоставлении плотностей сухого и влажного воздуха и водяного пара при температурах 0 и 100°С видно, что сухой воздух тяжелее водяного пара и влажного воздуха.

	Температура, °С	Плотность, кг/м³
Воздух сухой	0	1,293
	100	0,870
Водяной пар	0	0,804
	100	0,597
Влажный воздух*	0	1,048
	100	0,733

* Состав влажного воздуха: 50% сухого воздуха и 50% водяного пара.

Влажный воздух благодаря своей меньшей плотности стремится в сушилке вверх. При этом он соприкасается с высушиваемыми изделиями, поглощает и увлекает с собой выделяющийся из них пар.

Для правильного ведения процесса сушки необходимо знать основные закономерности. Если сушка организована соответствующим образом, то возникает меньше дефектов. Процесс сушки осуществляется с поверхности: изделие должно сначала стать относительно сухим внутри, а уже затем его поверхность отдаст последнюю влагу.

Вода, находящаяся в порах, достигает поверхности, что вызвано увеличением ее объема при нагревании. Вода в порах, расположенных ближе к поверхности, испаряется и обеспечивает продвижение воды из пор, находящихся в нижних слоях.

После удаления значительной части воды из пор начинается усадка изделия. Так как вода, находящаяся в порах, не только обусловливает усадку, но и в значительной степени влияет на ее величину, она называется также усадочной. С началом усадки изделия поры сужаются, их диаметр уменьшается, в результате увеличивается капиллярный эффект. По мере нагревания изделий к их поверхности поступает уже водяной пар, поглощаемый теплоносителем. Процесс аналогичен всасыванию жидкости, поэтому через поры наружу может выходить и вода, окружающая частицы оболочкой. Между поверхностью и внутренней частью черепка возникает перепад (градиент) влажности, который постепенно снижается.

С повышением температуры начинает испаряться большая часть воды набухания. Она переходит через поверхность частиц в их водную оболочку, проникает в поры и достигает по-

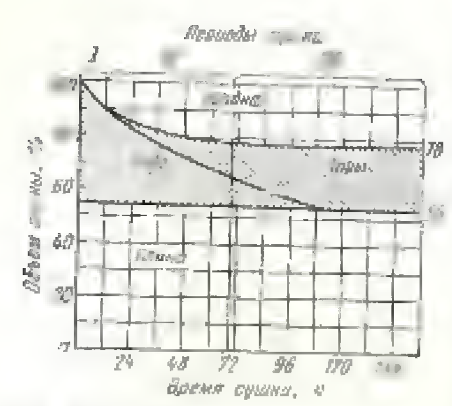


Рис. 44. **Диаграмма сушки глины по Бурри**

верхности испарения. К этому времени внутри материала воды больше нет, остается только водяной пар, который диффундирует через черепок наружу.

Сушку обусловливают многие факторы. Дефекты массы и нарушения технологии ее приготовления проявляются в процессе сушки и ухудшают качество полуфабриката. Особое значение имеет влажность изделия до сушки. Массы с высоким влагосодержанием требуют длительной сушки. Необходимо устанавливать по возможности равномерную скорость сушки. Если при быстрой сушке водяной пар не может испариться полностью, то в черепке появляются напряжения. В результате возможна деформация или даже полное разрушение черепка.

Большое значение, кроме того, имеет состав массы. При высоком содержании глинистых составляющих сушку надо проводить медленно. Отощающие компоненты массы сохнут быстрее и способствуют сохранению пор. К тому же они противодействуют появлению напряжений и деформаций. Скорость сушки зависит от времени, толщины черепка и температуры. Хорошо нагретый черепок высыхает раньше, чем холодный. Это следует учитывать при всех способах сушки.

В процессе сушки паровоздушная смесь охлаждается по мере соприкосновения с высушиваемыми изделиями, поэтому необходимо обеспечивать отбор насыщенного водяным паром воздуха и замену его свежим нагретым влажным воздухом.

На диаграмме Бурри показаны три периода сушки глиняной массы: выделение влаги, усадка и образование открытых пор (рис. 44). Следует, однако, отметить, что здесь идет речь о естественной сушке, которая происходит без использования технических устройств. Принудительная сушка значительно короче.

СПОСОБЫ СУШКИ И ВИДЫ СУШИЛОК

Сушку можно проводить различными способами. Задача заключается в выборе технически наиболее приемлемого и экономически наиболее эффективного способа.

Непосредственный теплообмен нагретого воздуха с высушиваемой продукцией происходит при конвективной сушке. Теплоноситель при этом отдает накопленное тепло изделиям, поглощает выделяющийся водяной пар и выводит его из сушилки. Процессы теплопередачи и поглощения пара сопровождаются охлаждением поверхностей испарения. Поэтому горячий теплоноситель надо подводить непрерывно, иначе из-за снижения температуры произойдет конденсация пара.

Другие способы — это контактная и радиационная сушка, которые мало используются для тонкой керамики.

Для осуществления сушки имеет существенное значение система подачи теплоносителя к изделиям. По этому признаку различают сушку:

стационарную — изделия не перемещаются, теплоноситель воздействует на них неравномерно;

прямоточную — изделия и теплоноситель перемещаются в сушилке в одном направлении;

противоточную — изделия и теплоноситель перемещаются в сушилке в противоположных направлениях;

перекрестную — изделия передвигаются вдоль сушилки, а теплоноситель поперек;

перекрестно-противоточную — изделия перемещаются вдоль сушилки, теплоноситель многократно обновляется и движется поперек сушилки; в конце сушилки навстречу изделиям нагнетается горячий воздух.

Самые современные сушилки работают по принципу перекрестно-циркуляционно-многоступенчатых. Теплоноситель циклически многократно нагревается и насыщается влажным воздухом, чем достигаются превосходные результаты. Несмотря на относительно высокую скорость сушки, изделия имеют мало дефектов.

Карусельная сушилка. Состоит из вращаемого вручную карусельного стола с отверстиями, через которые снизу по распределительной системе нагнетается воздух. Высушиваемые изделия, обычно кружки, опрокидывают над отверстиями карусельного стола. Сушка проводится до кожетвердого состояния. Затем полуфабрикат оправляют, приставляют ручки и переставляют в сушилку для окончательной сушки. Сушилку обогревают паровыми калориферами.

Камерная сушилка. Состоит из одной или нескольких отдельных камер. Сушка происходит на основе конвекции. Источником тепла может быть пар, горячий воздух или отходящие от печей газы. Тепло подводится к сушилкам через ребристые трубы.

Сушилку загружают вручную. Изделия устанавливают на полки или на этажерочные вагонетки. В камерных сушилках осуществляется одностадийная сушка. Изделия во время сушки неподвижны, а теплоноситель омывает их. Для организации равномерной сушки вентиляторами обеспечивают циркуляцию теплоносителя. Насыщенный водяным паром воздух удаляют из верхней части сушилки вытяжными вентиляторами. В камерных сушилках очень трудно достичь равномерного распределения потоков воздуха.

Основные недостатки сушилок — периодичность действия, большие потери тепла при загрузке и разгрузке, относительно длительное время сушки. Время сушки и тепловые потери

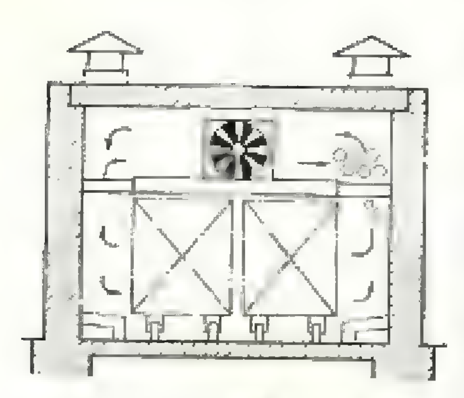


Рис. 45. Камерная сушилка системы «Шильде»

можно сократить, используя секционные камерные сушилки (рис. 45).

Туннельная сушилка. Сушилка отличается от камерной тем, что в ней перемещаются изделия и теплоноситель. Изделия вручную укладывают на транспортирующую ленту или устанавливают на вагонетки. Туннельные сушилки работают непрерывно. Передвижение изделий механизировано, используются такие же источники тепла, как в камерных сушилках.

Конвейерная сушилка. Сушилка состоит из обшитого теплоизоляционными плитами каркаса, на торцовых стенках которого находятся загрузочное и разгрузочное окна. Источники тепла такие же, как для всех остальных сушилок. Регулирующие устройства поддерживают заданные температуру, состав влажного воздуха и скорость сушки. Формы с изделиями через загрузочное окно помещают на люльки сушилки. Загрузка иногда механизирована, за исключением участков литья (рис. 46).

Сушилки на поточных линиях оснащены пневматическими переставителями.

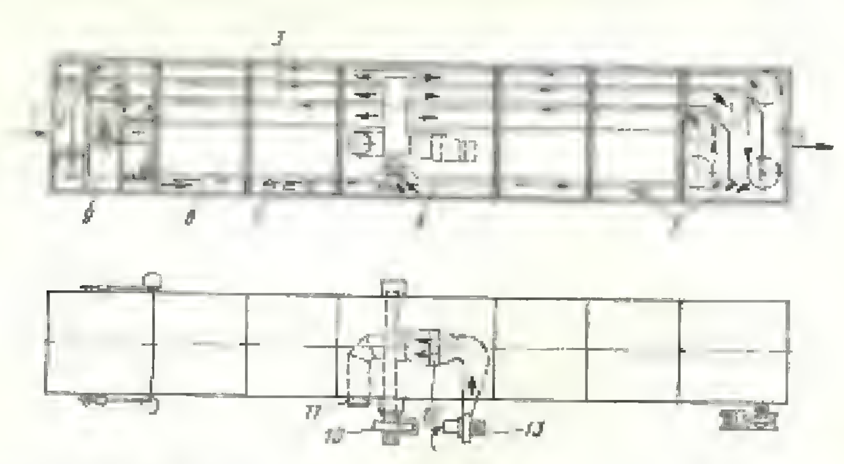


Рис. 46. Конвейерная сушилка:

1 — загрузка; *2* — каркас; *3* — каналы сушки; *4* — выгрузка; *5* — направление движения теплоносителя; *6* — конвейерная цепь; *7* — полки; *8* — зона предварительного нагревания; *9* — натяжная станция; *10* — отсасывающий вентилятор; *11* — подсос свежего воздуха; *12* — калорифер; *13* — нагнетающий вентилятор

Современное направление развития сушильной техники — это создание скоростных сушилок, отличающихся исключительно коротким сроком сушки. Так, предварительная сушка сокращена до 4 мин, а окончательная до 45 мин.

ДЕФЕКТЫ СУШКИ

Причину дефектов, появляющихся в процессе сушки, часто трудно установить, так как это может быть не только нарушение режима, но и отклонения от технологических параметров на предыдущих этапах производства. Такие дефекты, как деформация изделий, трещины, разрушение полуфабриката, проявляются только после сушки, и не всегда удается однозначно выявить причину того или иного дефекта.

Существенное влияние на результат сушки оказывает состав массы. Высокое содержание глинистых составляющих и, как следствие, большое количество воды набухания при неправильно выбранном режиме сушки изделия обусловливают появление дефектов. Во время сушки в черепке образуются большие перепады влажности, из-за чего происходит деформация полуфабриката.

Причина деформации может быть заложена в технологии формования. Большая разница между частотами вращения шпинделя и ролика так же, как и сильное давление ролика, разрыхляет черепок, который из-за этого разрушается при нагревании во время сушки.

Интенсивная сушка, не учитывающая возможности перемещения влаги в полуфабрикате, также приводит к дефектам, потому что быстрый отбор влаги приводит к напряжениям в полуфабрикате. Сначала происходит деформация и появляются трещины, затем изделие разрушается.

Наряду с упомянутыми выше основными видами дефектов встречаются также и специфические для каждого способа сушки. Однако во всех случаях следует так настраивать и эксплуатировать сушилку, чтобы не образовывался конденсат. Он часто остается незамеченным в большинстве сушилок.

Основное правило эксплуатации всех сушилок — соблюдение чистоты. Обязательно надо удалять пыль. Если на высушенном изделии вследствие конденсации появляются пятна ржавчины, то сушилку необходимо почистить. Металлические детали, с которых осыпается ржавчина, покрывают антикоррозийной краской.

ТЕХНОЛОГИЯ ОБЖИГА

Обжиг — один из важнейших технологических этапов в производстве керамических изделий. Он оказывает решающее влияние на результат всего технологического процесса.

Технология обжига сложна из-за того, что необходимо точно поддерживать заданные температуру и состав газовой среды. К тому же сам процесс обжига не поддается непосредственному наблюдению, а измеряемые параметры характеризуют процесс недостаточно полно. Поэтому результаты обжига можно полностью оценить только после его окончания.

Опережающая оптимизация, т. е. распознавание дефектов во время обжига и изменение его режима с целью избежать отходов, считается очень трудной и требует большого производственного опыта обслуживающего персонала.

Для успешного проведения и контроля обжига изделий тонкой керамики необходимо знать основы теории горения. Чтобы возбудить горение, необходима определенная температура зажигания. Для повышения температуры пламени и экономии топлива воздух для горения часто подогревают, используя тепло из зоны охлаждения.

Наиболее распространенные виды топлива — природный и городской (дальний)* газ. Наряду с горючими составляющими [оксидом углерода (II) CO, водородом H_2 и углеводородом] топливо содержит негорючий балласт (CO_2, N_2).

Для полного сгорания некоторого количества топлива необходимо определенное количество воздуха, которое зависит от химического состава топлива. Минимальное количество воздуха $L_{мин}$ необходимо для теоретического или нейтрального горения. При подводе количества воздуха, превышающего теоретическое, образуется избыток воздуха или окислительная среда, при недостатке воздуха — восстановительная среда.

	[illegible] сгорания, МДж/м³	Теоретический объем воздуха для сжигания 1 м³ газа, м³
Уголь		
каменный	31,90	8,2
бурый	8,37	2,5
Газ генераторный	5,86—6,69	1,6
городской	14,23—15,07	3,4
природный	33,49 35,58	9,5

Среда дымовых газов всегда окислительная, когда она содержит неиспользованный для горения кислород, который может окислить другие вещества. Восстановительная среда образуется, если в дымовых газах содержатся не полностью сгоревшие компоненты топлива, способные отнять кислород у других веществ чтобы самим сгореть полностью.

Количество дымовых газов, образующихся при сгорании определенного количества смеси воздуха и топлива, можно рассчитать.

* Газ, получаемый в ГДР газификацией твердого топлива — *Прим. перев.*

В промышленных печах горение организуют следующим образом. В боковых стенах печи расположено большое число горелок. По газопроводу к печам подводят измеряемое ротаметром и дозируемое регулирующим устройством количество газа. По другому трубопроводу подают воздух для горения. Газ и воздух интенсивно перемешиваются перед выходом из горелок. В настоящее время используют такие системы горелок, в которые подают предварительно смешанные топливо и воздух. Этим облегчается прокладывание трубопроводов и гарантируется для всех горелок одной группы одинаковое соотношение газа и воздуха. Горение происходит в присоединенной к горелке топке (рис. 47). Образовавшиеся горячие дымовые газы из топки попадают прямо в канал печи (в печах открытого пламени) или в закрытые дымоходы (в муфельных печах). В печах открытого пламени горелки чаще всего располагают таким образом, что дымовые газы из топки поступают непосредственно в канализированный под.

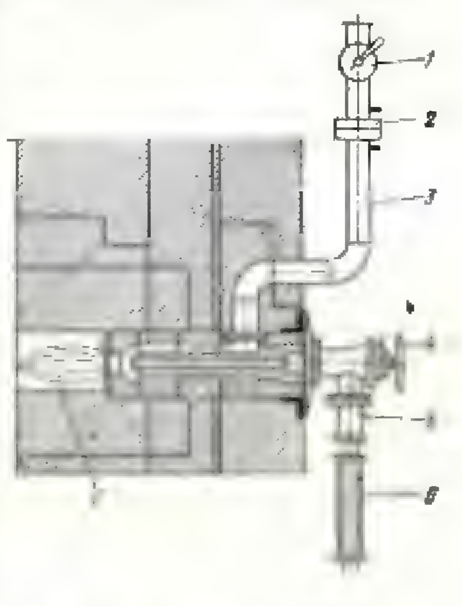


Рис. 47. Установка горелки в туннельной печи:

1 — вентиль регулирования подачи воздуха; 2 — измерительная диафрагма; 3 — трубопровод; 4 — вентиль регулирования подачи газа; 5 — газо[illegible]; 6 — ротаметр; 7 — [illegible]

Первый обжиг. Назначение первого обжига — прежде всего упрочнить полуфабрикат. Относительно тонкий черепок необожженных изделий при глазуровании размокает и не выдерживает механического воздействия. Кроме того, в процессе первого обжига должно произойти очищение черепка, т. е. выгорание органических примесей, разложение выделяющих газ веществ. (Этого же можно достичь в зоне подогрева печей политого обжига.) Во время первого обжига в массе происходят следующие процессы:

испаряется не удалившаяся при сушке остаточная вода затворения и гигроскопическая влага (1—8 %);

в области температур 500—600 °С выделяется кристаллическая вода каолинита, масса обжигается «намертво» (необратимо), после чего ее нельзя больше пластифицировать водой;

при более высоких температурах начинается спекание массы, прокаленный черепок приобретает прочность, которая зависит от температуры и длительности ее воздействия;

при температуре от 900 до 1000 °С расщепляются газообразные составляющие (N_2, CO_2).

Для политого обжига фарфора в туннельных печах, продолжительность процесса в которых в отличие от камерных печей поддерживается постоянной, особенно важно правильно проводить первый обжиг. Чтобы обеспечить дальнейшее превращение метакаолинита, возникшего при обезвоживании каолинита, для фарфоровых масс необходимо поддерживать высокую температуру первого обжига (950—1050 °С). Этим предотвращаются такие дефекты политого обжига, как прыщ и пузырь.

Однако с усовершенствованием конструкции туннельных печей для политого обжига фарфора развивается противоположное, более экономичное направление в технологии обжига: с целью снижения расхода топлива первый обжиг проводят при низкой температуре (700—850 °С), а очистку и дегазацию черепка обеспечивают во время политого обжига. Естественно, механическая прочность полуфабриката снижается, впрочем для глазурования она остается достаточной. Преимуществом более низкой температуры первого обжига является также быстрое охлаждение изделий, благодаря чему можно значительно повысить производительность печей.

При современном уровне развития техники первый обжиг можно проводить в щелевых печах, в которых чашки и установленные поодиночке тарелки обжигают за 30—60 мин, стопки тарелок по 10 шт. и более — за 5 ч. Предпосылкой скоростного первого обжига является хорошая сушка. Содержание остаточной влаги в полуфабрикате не должно превышать 2 %. С повышением влажности массы сильно снижается прочность необожженного черепка. На это необходимо обращать особое внимание при транспортировании полуфабриката, например установленных в стопки тарелок.

Особенно тщательно надо проводить охлаждение, так как большая часть трещин во время первого обжига образуется при охлаждении. Рекомендуется замедление процесса охлаждения в области температуры превращения кварца 575 °С, связанного со скачкообразным изменением объема материала. Толстостенные изделия, такие как фарфоровая посуда для общественного питания, можно обжигать однократно, минуя первый обжиг.

Политой обжиг. При обжиге фарфора большое значение имеет процесс нагревания полуфабриката от температуры 1050 до 1080 °С. В этот период нужно обеспечить избыток воздуха и полное сгорание топлива без образования сажи. С одной стороны, это необходимо для дегазации черепка, особенно если он недостаточно прокален в первом обжиге, с другой, — для предотвращения оседания частиц сажи, которые очень плохо выгорают вторично.

Опыт показывает, что неправильное нагревание способствует образованию пятен и наколов на поверхности глазури. Поэтому рекомендуется делать окислительную выдержку 30—60 мин при температуре 1050—1080 °С до перехода к восстановительному периоду. В отличие от фаянса и витриес-чайна для обжига фарфора необходим восстановительный период, который оказывает решающее влияние на качество полуфабриката и во время которого могут образоваться многие огневые дефекты.

Почти во всех сырьевых материалах в качестве примесей содержатся Fe_2O_3 и сульфаты. Так, в фарфоровой массе содержится около 0,5 % Fe_2O_3, который при температуре 1300 °С отщепляет кислород:

$$3Fe_2O_3 \rightarrow 2Fe_3O_4 + 0,5O_2\uparrow,$$

или

$$2Fe_2O_3 \rightarrow 4FeO + O_2\uparrow.$$

При температуре выше 1300 °С черепок в значительной степени уплотнен, глазурь расплавлена, поэтому кислород не может выделиться и содействует образованию пузырей. Следовательно, дегазация должна быть смещена в область таких температур, при которых черепок еще пористый и кислород может улетучиваться. Для этого необходимы восстановительные газы (СО или H_2). Горение должно осуществляться при недостатке воздуха. Процесс восстановления должен произойти до плотного спекания черепка и растекания глазури.

Восстановление Fe_2O_3 происходит согласно уравнению

$$Fe_2O_3 + CO \rightarrow 2FeO + CO_2.$$

В период восстановления, пока черепок еще пористый, СО или H_2 отнимает у Fe_2O_3 кислород, который в противном случае позднее отщепляется сам и становится причиной образования прыщей и пузырей. Во время этого этапа обжига в дымовых газах должно содержаться от 2 до 5 % СО и H_2. Для надежности восстановительную среду поддерживают немного дольше, чем нужно теоретически; таким образом, обжиг проводят при недостатке воздуха в области температур от 1050 до 1300 °С.

Необходимость восстановления Fe_2O_3 обусловлена также следующими причинами.

Разложение Fe_2O_3 на FeO и O_2 может осуществляться без восстановительной среды при температурах выше 1300 °С, однако оно происходит не полностью. Fe_2O_3 окрашивает невосстановленный черепок в желтоватый цвет. Чтобы получить белую окраску, весь имеющийся Fe_2O_3 надо перевести в FeO. Последний, соединяясь с SiO_2, образует силикат железа, имеющий зеленовато-голубой оттенок, который почти незаметен и не снижает качества изделия.

Образующийся при восстановлении FeO значительно улучшает условия спекания черепка и ускоряет его уплотнение. Аналогичное явление происходит с $CaSO_4$. В присутствии CO или H_2 он разлагается быстрее, чем в окислительной среде, с отщеплением SO_3.

Восстановления не требуется для керамических масс, спекающихся при более низких температурах (1300 °С), при которых выделения газов не происходит, так же как и для масс, не достигающих плотного спекания, из которых газы могут выделиться в любое время.

В последний период политого обжига черепок должен созреть, благодаря чему фарфор приобретает высокую прочность, становится просвечивающим и плотным. Глазурь равномерно растекается и создает красивую блестящую поверхность фарфора.

Качество политого обжига зависит от максимальной температуры обжига, длительности выдержки и состава газовой среды. Состав дымовых газов в этот период обжига должен быть близким к нейтральному. Избыток воздуха может привести к повторному окислению FeO, а восстановительная среда ухудшает экономические показатели обжига, белизну и качество поверхности фарфора.

В последний период обжига подъем температуры замедляется, расход топлива увеличивается. Окончательная температура обжига, °С, составляет:

Фарфоровые массы	1340—1380 (в щелевых печах до 1430)
Витриес-чайна	1220—1280
Известковый фаянс	1060—1150
Полевошпатовый фаянс	1200—1280

Максимальная температура обжига зависит от состава массы и равномерности распределения температур по сечению садки изделий.

Политой обжиг фарфора проходит четыре периода:

1) нагревание и дегазация до температуры 1050—1080 °С в окислительной среде;

2) восстановление в области температур (1050—1080) — 1300 °С;

3) максимальная выдержка в нейтральной среде до температуры 1340—1380 °С;

4) охлаждение от максимальной до комнатной температуры.

Продолжительность обжига фарфоровых изделий в туннельных печах составляет 27—35 ч, фаянсовой посуды — 18—27 ч.

Для большинства видов изделий продолжительность нагревания и охлаждения теоретически можно значительно сократить, однако огнеприпас, которым мы располагаем при современном уровне наших знаний, не позволяет этого сделать.

В щелевых печах, в которых огнеприпас практически не используется, обжиг посуды сокращен до 2—5 ч.

ПЕЧИ ДЛЯ ОБЖИГА ТОНКОЙ КЕРАМИКИ

В технике обжига наряду с режимами имеет значение организация производства. Расход топлива и капитальные затраты на сооружение печей должны быть по возможности низкими, срок службы и надежность в работе высокими. Раньше самыми целесообразными были камерные печи (горны) с многодневным режимом обжига, которые не соответствуют современному уровню развития теплотехники.

Современные типы печей — непрерывнодействующие туннельные и камерные периодического действия с выкатным подом. Разновидностью туннельных печей являются щелевые, разновидностью камерных печей с выкатным подом — колпаковые.

Туннельные печи. Недостаточно широкое распространение туннельных печей в керамической промышленности в предшествующий период объясняется их особенностями. Туннельные печи не отличаются такой гибкостью изменения режима обжига, как например горны. Это значит, что для туннельной печи нужен приблизительно одинаковый ассортимент и достаточно большое количество изделий, подаваемых на загрузку постоянно. Поэтому туннельные печи стали применять только с развитием концентрации производства на больших предприятиях. Годовая производительность средней туннельной печи длиной 85 м, высотой и шириной садки по 1 м 1500—1800 т.

Туннельную печь делят на три зоны: подогрева — от входа в печь до первых горелок; обжига — средняя часть, в которой находятся горелки; охлаждения — от конца зоны обжига до выхода из печи.

В первой зоне изделия нагреваются поступающими из зоны обжига продуктами горения, которые перемещаются навстречу движению печной вагонетки. Продукты горения отсасываются из туннеля через расположенные в боковых стенках каналы и выводятся к дымовой трубе или вытяжному вентилятору. В оснащенной горелками (до 90 шт.) зоне обжига изделия нагреваются до температуры спекания.

В зоне охлаждения вагонетка и садка должны отдать тепло, что осуществляется с помощью рекуператоров, представляющих собой систему труб или каналов, через которые продувается воздух. Полученный таким образом нагретый воздух передается для других технологических процессов, например для сушки, или возвращается в туннельную печь (вду-

вание нагретого воздуха в зону подогрева, нагревание воздуха, подаваемого для горения в зону обжига). При выходе из печи садка должна быть охлаждена до температуры 100—150 °С.

Во всех трех зонах туннельной печи требуется равномерное распределение температур и газовой среды по всему сечению. Новейшие туннельные печи для этой цели оснащены системами циркуляции, нагнетания и вытяжки.

В настоящее время для улучшения равномерности распределения температур во всех зонах печей как при нагревании, так и при охлаждении применяется принцип поперечной циркуляции теплоносителя. При этом используется преимущественно естественный термический напор (нагретые газы легче, они сами поднимаются). Однако эффективность циркуляции зависит от наличия продольных разрывов в садке.

Благодаря многочисленным техническим усовершенствованиям (вентиляторы, трубопроводы, горелки, шиберы, контрольно-измерительные и регулирующие приборы) туннельная печь стала сложным агрегатом, для правильного обслуживания которого необходимы рабочие высокой квалификации.

Контроль обжига осуществляется с помощью обширной измерительной системы.

Канал обжига должен быть хорошо закрыт от влияния внешней среды. Снизу это обеспечивается плотным смыканием платформ вагонеток (в поперечном направлении), а у стен (в продольном направлении) специальными устройствами — лабиринтами, песочным уплотнением. В начале печи для уплотнения раньше часто устанавливали жалюзи. Теперь их заменили воздушными завесами.

Печные вагонетки перемещаются по рельсам. Вагонетка состоит из огнеупорной платформы, металлического основания и ходовой части. На платформе обычно устанавливают канализированный под, который воспринимает садку и выполняет важнейшую технологическую функцию, обусловливая аэрогидродинамические параметры обжига. В связи с тем что механическая прочность платформы невелика, основание ее должно быть жестким, чтобы оградить огнеупорный материал от повреждений.

Различают две основные системы туннельных печей — открытого пламени и муфельные. Так как для обжига все в большей степени применяется чистый природный газ, в промышленности преобладают печи открытого пламени. Муфельные печи устарели. Для исключения влияния дымовых газов на качество полуфабриката все чаще используют электрические туннельные печи.

Туннельные печи открытого пламени можно применять там, где используют чистое топливо, или где изделия при соприкосновении с дымовыми газами не портятся. Для некоторых изделий такой контакт даже необходим, например при обжиге фарфора, когда необходимы химические реакции между продуктами горения и изделиями.

В печах открытого пламени горячие дымовые газы поступают прямо в туннель. Они омывают обжигаемые изделия и должны при этом равномерно распределиться по сечению садки, обеспечив непрерывное нагревание. Следует избегать непосредственного соприкосновения изделий с пламенем, чтобы предотвратить их пережог. Поэтому горение происходит в топках (см. рис. 47) или в разрывах садки (импульсные или высокоскоростные горелки), откуда продукты горения поступают к обжигаемым изделиям. Благодаря такой прямой теплопередаче печь открытого пламени достаточно экономична, отличается высокой производительностью. В промышленности тонкой керамики наиболее распространены печи с сечением канала 1—1,2 м². В печах, имеющих более крупное сечение, труднее обеспечить необходимый аэрогидродинамический режим обжига. При большой высоте садки очень сильно возрастают нагрузки на огнеприпас, в результате чего существенно увеличиваются расходы на обжиг.

Электрические туннельные печи обеспечивают абсолютно чистую газовую среду, поэтому их применяют преимущественно для обжига декорированных изделий. В качестве нагревателей используют канталовые* стержни. Электронагреватели обеспечивают температуру обжига до 1200 °С. Благодаря использованию системы рециркуляции, отводу горячего воздуха из зоны обжига в зону подогрева, где тепло передается изделиям, достигается низкий удельный расход энергии (0,06—0,1 кВт/кг), отнесенный к загружаемой продукции, включая вспомогательные материалы.

Широкому распространению электрических туннельных печей препятствует в настоящее время повышенный спрос на электроэнергию. Однако по мере истощения мировых запасов органического топлива и совершенствования атомных электростанций значение электрических печей возрастает.

Но туннельные печи имеют некоторые недостатки. С одной стороны, из-за высокой производительности печи все производство (неуправляемо) сосредоточивается в процессе обжига, с другой стороны, загрузка изделий в печь — процесс трудоемкий, необходим дорогой огнеприпас, возникают большие расходы на загрузку и выгрузку печей. Трудно оптимизировать процесс обжига из-за инертности крупногабаритной туннельной печи и длительного обжига, составляющего для фарфора (политой обжиг) 25—35 ч.

Щелевые печи. По принципу действия и конструкции щелевые печи (рис. 48) аналогичны туннельным, но в щелевой

* Кантал — сплав для электронагревательных элементов — сталь, содержащая Fe, Cr, Al, Co, с максимальной температурой использования 1150—1375 °С, разработан в Швеции. — *Прим. перев.*

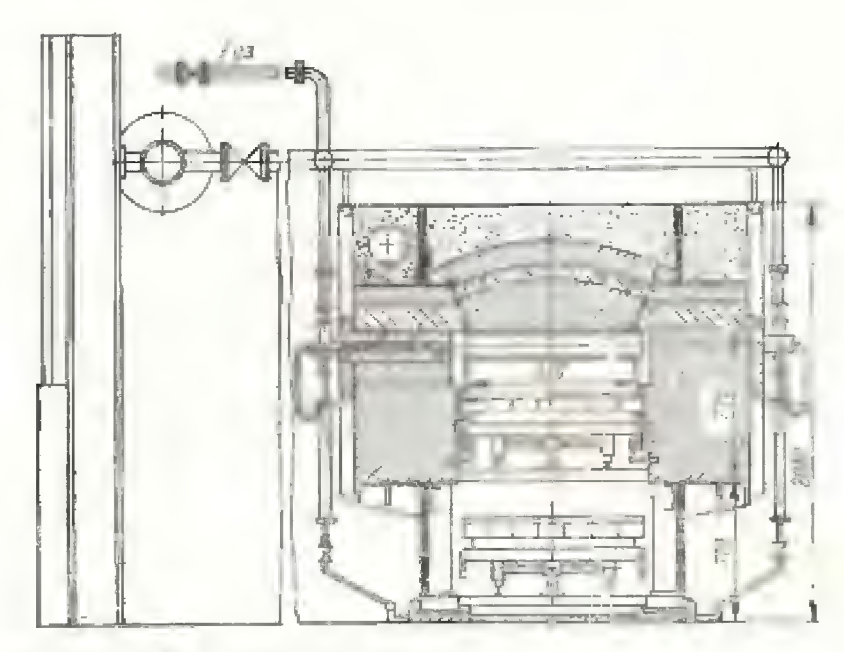


Рис. 48 Щелевая печь с минивагонетками

печи изделия устанавливают не ярусами, а преимущественно в один ряд. При этом частично или полностью можно отказаться от огнеприпаса и становится возможным более короткий обжиг (1—7 ч). Вместо массивных вагонеток используют более легкие транспортные средства. Печи ниже и короче. Загрузка специализирована, для каждой группы ассортимента используют собственные печи, в связи с чем требуются печи меньшей производительности. Большое число печей и их облегченная конструкция позволяют использовать секционный (модульный) принцип сооружения.

Цикл передвижения транспортных средств полностью механизирован, имеются предпосылки для механизации загрузки и разгрузки печей.

Благодаря уменьшению сечения печного канала по сравнению с каналом туннельных печей возможны технологические упрощения: устройство для регулирования режима настраивают на короткий цикл обжига, при этом должна быстро происходить теплопередача; используются высокоскоростные горелки, а в некоторых случаях повышается температура обжига.

Так же как и для туннельных печей, в качестве топлива используются природный газ и электроэнергия.

Значительного технического развития достигли щелевые печи с роликовым подом, сетчатым или решетчатым конвейером,

подвижными плитами, с салазками, шагающим подом, минивагонетками.

В промышленности тонкой керамики большое значение имеют салазочные печи. Под печи (аналогично поду туннельных печей) образован огнеупорными платформами, каждая из которых закреплена на основании. Под быстро перемещается в печи, в результате чего испытывает относительно кратковременное тепловое воздействие. Благодаря этому плиты могут иметь облегченную конструкцию. В свою очередь снижение массы плит позволяет отказаться от дорогостоящей ходовой части, плиты скользят в печи на полозьях по рельсам в виде салазок. Перемещение в обратном направлении по обгонному пути происходит так же. Чтобы снизить силы трения плит по рельсам и уменьшить износ, на салазки наносят смазку. Такая транспортная система прочна и надежна.

В зависимости от огнеупорности плит, которые наряду с хорошими теплоизоляционными свойствами должны обладать низкой способностью к аккумуляции тепла, салазки можно использовать до температуры 1500 °С. Благодаря электронной системе управления передвижение салазок полностью автоматизировано.

В особых случаях салазки вместо полозьев оснащают облегченной ходовой частью — получают минивагонетки (см. рис. 48). При этом уменьшается усилие проталкивания вагонетки через печь, что имеет значение для длинных печей или печей с тяжелой загрузкой.

Камерные печи. Печи с выкатным подом — это камерные печи с полезным объемом 1—30 м³, под которых образован платформами одной или нескольких вагонеток. В качестве переднего затвора служит обычно навесная дверь с такой же теплоизоляцией, как и у боковых стенок. Печь в сечении прямоугольная. На торцовых или боковых стенках расположены горелки, число которых зависит от размера камеры обжига. Печи отапливаются в основном газом.

Современные высокоскоростные горелки обеспечивают равномерное нагревание садки больших объемов.

Продукты горения направляются из горелок с большой скоростью (до 100 м/с) в разрывы садки, положение которых точно совпадает с осями горелок. Продукты горения интенсивно омывают изделия и обеспечивают равномерное распределение температур в печи. Затем дымовые газы отводятся через канализированный под вагонетки. Такая система обжига и современные огнеупорные материалы для футеровки печи (легковесный кирпич с низкой аккумуляцией тепла) позволяют осуществлять быстрое нагревание изделий при небольшом расходе тепла. Благодаря этому и описанным ниже достоинствам печи с выкатным подом получили в наше время широкое распространение.

Печи с выкатным подом просты в обслуживании, заданный режим обжига устанавливается без особых сложностей, полная механизация обеспечивает хорошее качество продукции и уменьшает затраты труда. Цикл обжига короткий (для фарфора составляет 20—28 ч). Вагонетку с нечувствительными к резким перепадам температур изделиями можно выкатывать из печи при температуре 400—500 °С. В еще горячую печь закатывают подготовленную для следующего обжига вагонетку. Печи чаще всего используются на предприятиях с меняющимся ассортиментом и объемом производ-

ства, так как в печах без труда можно поддерживать любой режим обжига.

Специальную конструкцию представляют колпаковые печи. Печь в виде колпака насаживается на неподвижную платформу или вагонетку. Поднимание и опускание колпака происходят гидравлически. Преимущество таких печей перед другими камерными заключается в том, что отпадают трудности, связанные с уплотнением печной двери.

Однако следует подчеркнуть, что эти печи не должны использоваться в массовом производстве, так как, несмотря на все конструктивные усовершенствования, расход энергии почти на 100 % больше, чем у туннельных печей такой же производительности, а износ намного больше. Снижение энергетических затрат на 20 % может быть достигнуто благодаря повторному использованию отходящего тепла продуктов горения и подаваемого на охлаждение воздуха.

ПРОЦЕССЫ ОБЖИГА

Первый обжиг и его дефекты. Печи для первого обжига работают с высокой производительностью, так как для них надо мало огнеприпаса и на вагонетке можно разместить много изделий. При использовании печей одинакового размера одна печь для первого обжига может обеспечить загрузку четырех-пяти печей политого обжига. Вследствие высокой плотности садки необходимо тщательно регулировать режим обжига. В

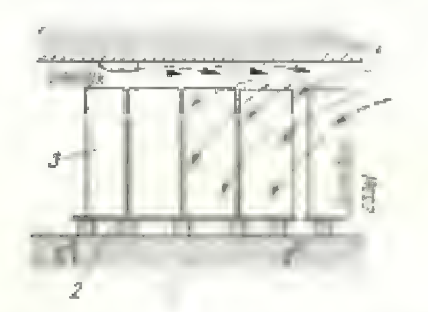


Рис. 49. Схема действия воздушной завесы:

1 — платформа вагонетки; 2 — канализированный под; 3 — садка; 4 — свод

первой зоне нагревание изделий должно проходить равномерно и непрерывно. Из-за того что горячие газы под воздействием термического напора направляются преимущественно в верхнюю часть печного канала, нижняя часть садки обычно нагревается медленнее, чем верхняя.

Для улучшения условий обжига рекомендуют следующие мероприятия:

отвод продуктов горения через вытяжные отверстия, расположенные в боковых стенках печи на уровне пода вагонеток, при этом будет омываться и нагреваться нижняя часть садки;

вдувание воздуха под свод непосредственно в начале печи (рис. 49) навстречу потоку продуктов горения;

закручивание продуктов горения в зоне подогрева поперек сечения печи для их равномерного распределения. Это достигается с помощью инжекторов или циркуляционных горелок.

Особенно важно обеспечить равномерность работы горелок в зоне обжига. Следует избегать температурных пиков, которые приводят к местным пережогам продукции. Кроме того, для получения полуфабриката равномерной прочности и пористости необходимо выдерживать заданную температуру обжига.

После обжига изделия, установленные в плотные стопки, надо очень осторожно охлаждать, в то время как редко расставленные изделия охлаждаются легко и быстро. При плотной садке важно плавно снижать температуру, особенно в средней части зоны охлаждения. В табл. 14 приведены дефекты на изделиях после первого обжига и причины их возникновения.

14. Дефекты первого обжига и причины их возникновения

Дефект	Причина возникновения
Серая окраска	Налет серы во время первого обжига (заметен только после политого обжига)
Трещины	Слишком быстрое нагревание или охлаждение
Деформация	Неровная поверхность опоры, одностороннее воздействие температуры
Бой при транспортировании и загрузке	Небрежная работа

Политой обжиг и его дефекты. В туннельных печах обжигаемые изделия в конце зоны подогрева достигают температуры 400—800 °C, а затем попадают на первый участок зоны обжига (рис. 50), образуемый первой группой горелок, настроенных на сильное окисление. Эта группа горелок обеспечивает нагревание изделия до температуры 1050—1080 °C, после чего изделия поступают на второй участок зоны обжига, где горелки работают при недостатке воздуха. Здесь в фарфоровой массе происходит восстановление Fe_2O_3.

В связи с тем что продукты горения в туннельной печи перемещаются навстречу изделиям, т. е. к входной двери, восстановительные газы попадают на первый окислительный участок зоны обжига. Для сохранения окислительной среды на первом участке восстановительные составляющие продуктов горения на границе между двумя участками дожигаются благодаря вдуванию воздуха через воздушную завесу.

Важно, чтобы на втором участке зоны обжига в канал печи не подсасывался побочный воздух, который может нарушить восстановительную среду. Поэтому печи для политого обжига на участках, начиная с перехода к восстановительной фазе, работают с избыточным давлением. Это необходимо, так как уплотнение печного пространства никогда не бывает полным.

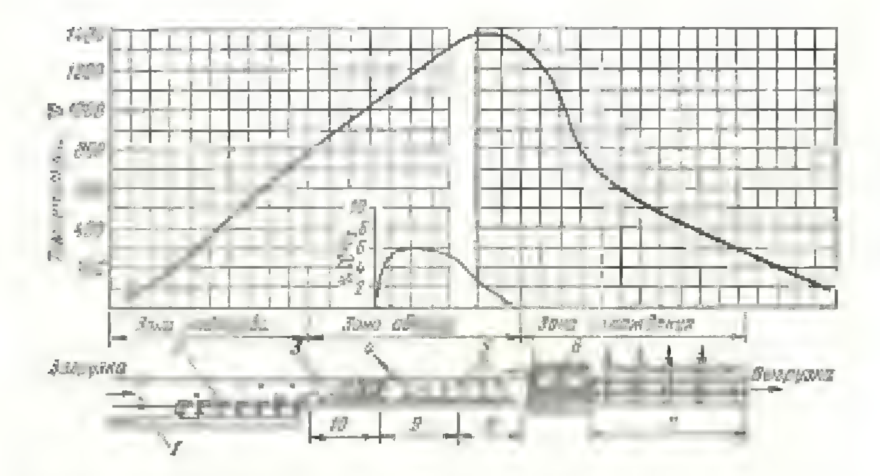


Рис. 50 Режим политого обжига фарфора в туннельной печи:

1 — дымовой канал; *2* — окна для отбора дымовых газов; *3* — нижние горелки; *4* — отверстия для замера параметров обжига; *5* — верхние горелки, *6* — рекуператор (первая система охлаждения); *7* — вторая система охлаждения; *8* — участок выдержки при максимальной температуре; *9* — участок восстановления; *10* — участок окисления

Следовательно, при обжиге наряду с температурой и газовой средой большое внимание следует уделять давлению в объеме печи.

На последнем участке зоны обжига происходит созревание фарфора. Здесь также нежелательно проникание побочного воздуха, так как необходима стабильная, равномерная газовая среда, приближающаяся к нейтральной.

Процесс охлаждения в туннельных печах в значительной степени определяется устойчивостью огнеприпаса к сменам температур. Тонкостенные фарфоровые изделия можно охладить за несколько минут. Однако такой процесс сопровождается быстрым выходом из строя дорогостоящего огнеприпаса. Для повышения качества изделий важно, чтобы охлаждение проходило в газовой среде, не содержащей продуктов горения. Зона обжига находится под давлением, поэтому продукты горения стремятся в зону охлаждения. Чтобы препятствовать этому, в конце печи вдувают воздух для получения противодавления в зоне охлаждения. Кроме того, для предотвращения перемещения дымовых газов в начале зоны охлаждения размещают отсасывающие отверстия.

Режим работы печей политого обжига обусловливается теплопроизводительностью групп или отдельных горелок, газовой средой, аэрогидродинамическим режимом в объеме печи, количеством вдуваемого воздуха, эффективностью рекуператоров в зоне охлаждения.

Эти величины постоянно контролируют и поддерживают

автоматически на заданном уровне, за исключением пропускной способности рекуператоров. В табл. 15 перечислены дефекты на изделиях после политого обжига и причины их возникновения.

15. Дефекты политого обжига и причины их возникновения

Дефект	Причина возникновения
Трещины с оплавленными краями	Скачок температуры в процессе нагревания
Трещины с острыми краями	Скачок температуры во время охлаждения
Деформация	Пережог, часто также дефект формования
Желтая окраска	Запоздалое или недостаточное восстановление
Голубоватый оттенок	Рано начато восстановление, недостаточная выдержка при максимальной температуре
Наколы	Нарушение газового режима обжига, попадание карбида кремния в глазурь
Серая окраска	Наличие серы в топливе
Коричневатые края, а также матовые пятна и налеты на глазури	Дымовые газы в зоне охлаждения
Недостаточная просвечиваемость, матовая поверхность	Низкая температура или недостаточная продолжительность обжига
Высокая просвечиваемость, вспучивание	Пережог
Прыщи	Недостаточная температура первого обжига или восстановление начато ниже температуры 980 С

Процесс спекания — самый энергоемкий в керамической промышленности, поэтому особо важное значение имеет рациональное использование энергии. Для экономии энергии необходимо:

оптимально загружать объем печи, соблюдать установленные плотность садки и длительность процесса;

максимально использовать тепло продуктов горения в зоне подогрева за счет поперечной циркуляции;

снижать поглощение тепла плитами вагонеток за счет футеровки вагонеток легковесными огнеупорными материалами;

подогревать воздух, подаваемый для горения, с помощью рекуператоров оптимальной конструкции, действующих в зоне охлаждения (температура воздуха до 600 °С);

использовать в сушилках воздух, отбираемый из зоны охлаждения печей;

избегать потерь от боя при транспортировании полуфабриката и огнеприпаса;

снижать массу огнеприпаса.

Распределение температур в туннельной печи в значительной степени зависит от аэрогидродинамического режима в канале, который в свою очередь обусловлен плотностью садки.

Изделия, которые не омываются продуктами горения, нагреваются недостаточно. Для отсасывания продуктов горения

в плотно загруженной туннельной печи необходимо большое разрежение в зоне подогрева, что способствует подсасыванию побочного воздуха и снижению тем самым коэффициента полезного действия.

Садка вагонетки образуется столбами капселей с плоскими изделиями или загруженными продукцией этажерками (рис. 51). Перемещающиеся вдоль и частично поперек печи продукты горения должны насколько возможно равномерно омывать изделия. Для этого необходимо, чтобы столбы капселей стояли не плотно, а с зазорами. Потеря производительности может быть компенсирована повышением скорости перемещения вагонеток.



Рис. 51. Загруженные вагонетки туннельной печи

К элементам садки относятся также опорные стойки, образующие канализированный под вагонетки, через который продукты горения подводятся к нижней части садки. Излишне плотная садка вынуждает поддерживать большое разрежение в начале печи, что повышает опасность появления таких дефектов, как задувка, засорка. Кроме того, с увеличением плотности садки повышается опасность недожога середины ее нижней части и пережога внешней части.

Следует учесть, что при пережоге изделий, находящихся вблизи горелок, повреждается огнеприпас, особенно кордиеритовый капсель.

Большое значение для режима обжига имеет соблюдение свободных проходов для потоков тепла в канализированном поду и в разрывах садки.

Необходимо также следить за устойчивостью столбов капселей и этажерок, иначе в печи может произойти завал и повреждение вагонеток. Это случается чаще всего из-за обвала садки, которая заклинивается между вагонеткой и стенкой печи. В таких случаях приходится останавливать печь. Работы по ликвидации аварии проводятся в тяжелых условиях.

При загрузке изделий в капсель и на вагонетку необходимо придерживаться разработанных схем садки. Фарфоровые чашки и кружки легко деформируются в процессе обжига, поэтому их склеивают попарно или устанавливают на бомзы. При склеивании двух кружек их края смазывают специальным составом и соединяют отверстиями, препятствуя таким образом искривлению. Кружки с фигурным краем обжигают на бомзах, представляющих собой своеобразный огнеприпас, который, будучи отформованным из той же массы, что и кружка, в процессе обжига претерпевает одинаковую с ней усадку, тем самым, предотвращая деформацию.

Особого внимания требует установка для обжига фигурной керамики. В зависимости от вида изделий иногда приходится использовать специальный огнеприпас. Изделия с широко расставленными деталями надо установить так, чтобы эти детали при обжиге не отвалились. При загрузке вагонеток следует неукоснительно соблюдать профиль садки.

КОНТРОЛЬ ОБЖИГА

Измерение температуры. Для измерения температуры до 500 °С используют термометры расширения. В современных условиях в связи с распространением автоматизации требуются электрические преобразования измеряемых величин, поэтому для измерения температур до 800 °С применяют термометры сопротивления. Принцип измерения основан на повышении электрического сопротивления металлического проводника при увеличении температуры. Тонкая платиновая или никелевая проволока, которая закреплена на основании из изоляционного материала, подвергается воздействию температуры. Изменение сопротивления пропорционально температуре. Такой метод измерения очень точен, возможна передача показаний на расстояние.

Для измерения более высоких температур используют преимущественно термоэлементы. Принцип их работы основан на возникновении электрического напряжения или термонапряжения в местах соединения двух различных металлов. Если спаять концы двух различных металлических проволок, то напряжение возникает в обоих спаях. Если температура в местах соединения одинаковая, напряжения одинаковы, но направлены в противоположные стороны, то они компенсируют друг друга, ток не течет. При нагревании спаянных концов до разных температур возникают различные напряжения. Если температуру одного из спаев поддерживать постоянной, то измеряемое напряжение становится мерой температуры другого спая. Речь идет о напряжении в несколько милливольт, поэтому для таких измерений необходимы очень чувствительные приборы.

В промышленности тонкой керамики в качестве термоэлементов используют следующие виды проводов: платинородий-платиновые (PtRh—Pt) до температуры 1500 °С; никельхромовые-никелевые (NiCr—Ni) до температуры 1100 °С.

Проволоки должны быть изолированы друг от друга и соприкасаться только в месте измерения, поэтому на них надевают керамические трубки. Чтобы защитить проволоку от действия агрессивных газов, сверху насаживается плотный керамический чехол. В головке элемента, которая должна оставаться вне печи, находится присоединительная планка, от которой к термостату идут компенсационные провода. Термоэлектрические свойства компенсационных и измерительных проводов одинаковы, но первые значительно дешевле. Компенсационная цепь необходима, чтобы измеряемое напряжение не изменилось из-за дополнительного термоэффекта на присоединительной планке.

Термостат с измерительным прибором можно соединить обычными медными проводами. Измерительный прибор чаще

всего выполнен в виде самописца, позволяющего регистрировать показания в нескольких точках измерения. Термоэлементы могут быть установлены в печи стационарно или смонтированы на контрольно-измерительной вагонетке (рис. 52).

Наряду с термоэлементами для контроля температуры используют пирометрические конусы. На старых предприятиях температуру обжига контролируют исключительно такими конусами.

Конус состоит из смеси керамических материалов. При определенных условиях спекания он размягчается, его вершина наклоняется, конус падает. Точка падения зависит от температуры и длительности ее воздействия на конус.

Контрольные конусы содержат различное количество флюсов и огнеупорных составляющих. Таким образом, в зависимости от рецептуры смеси конусы падают в области температур от 600 до 2000 °С.

Рис. 52. Схема контрольно-измерительной вагонетки:
1 — термопара; 2 — присоединительная головка

Измерение давления. В керамических печах наряду с давлением в печном объеме замеряют давление газа и воздуха в трубопроводах. Давление и разрежение газов в печи невелико (не превышает 1000 Па). U-образный манометр предназначен для измерения давления от 200 до 20 000 Па. При наполнении манометра ртутью предел измерения повышается до 200 000 Па.

Прибор имеет два подключающих штуцера. В то время как одно колено соединено шлангом с точкой измерения, на второе воздействует атмосферное давление. Давлению и разрежению соответствует разница между высотами столбов жидкости.

Показание h, соответствующее разности давления ΔP, зависит от плотности налитой в манометр жидкости.

Манометр с наклонной трубкой — это преобразованный U-образный манометр, одно из колен которого наклонено для повышения точности определения. Точность тем выше, чем ближе к плоскому угол наклона колена. Пределы измерения 0—20 Па, 0—100 Па и т. д. Манометры используют для измерения давления до 1500 Па.

Микроманометр представляет собой наклонную трубу с различными пределами измерений. Измерительная трубка может устанавливаться с различным наклоном. В манометрах с наклонной трубкой и в микроманометрах в качестве запорной жидкости используют спирт. При измерении давления следует учитывать плотность спирта.

Анализ газовой среды. Состав дымовых газов имеет большое значение как для процесса спекания, так и для обжига, поэтому необходим контроль газовой среды.

Для периодических контрольных измерений используют прибор ОРСА, обслуживаемый вручную. Принцип измерения основан на том, что составляющие продуктов горения могут абсорбироваться растворами различных химических соединений. Так, CO_2 поглощается едким кали КОН, СО — хлоридом меди CuCl, а O_2 — раствором пирогаллола $C_6H_3(OH)_3$. Измеряя абсорбированное количество газа, получают долю продуктов горения в газовой среде. Для этого продукты горения необходимо многократно прокачать через соответствующие растворы.

Аналогично работают автоматические приборы Моно-Адос, которые анализируют только количество CO_2, $CO + H_2$. В качестве абсорбирующего раствора используют КОН. Сначала определенное количество дымовых газов прокачивают через щелочь, при этом поглощается CO_2. Разница количества газа до и после прохождения через раствор соответствует содержанию CO_2. Затем к остатку газа добавляют воздух. Полученную смесь направляют в печь, где содержащиеся в продуктах горения СО и H_2 сгорают. Продукты горения снова пропускают через раствор КОН, образовавшийся при горении CO_2 поглощается и выделяется H_2O. Абсорбированное из продуктов горения количество газа соответствует содержанию СО и H_2.

В последнее время предлагаются физические аналитические приборы. Обычно такие приборы могут измерять содержание только одного компонента, например CO_2, O_2 или СО, поэтому для контроля работы печи требуется система приборов.

На практике оправдали себя измерительные приборы предприятия «Юнкалор Дессау» (ГДР). В отличие от упомянутых приборов, работа которых основана на химическом принципе действия, они имеют преимущества электрических аналоговых измерителей и пригодны для дистанционной передачи показаний, а также в качестве задатчиков регулировочных импульсов.

ОГНЕПРИПАС

Назначение огнеприпаса — обеспечить рациональную загрузку печей и защитить изделия от нежелательного воздействия дымовых газов.

В зависимости от назначения и формы различают следующие виды огнеприпаса:

капсель для круглой плоской посуды из карбидкремний или кордиеритсодержащего материала;

плиты для этажерок на основе тех же материалов;

стойки для этажерок и канализированного пода из карбид-кремний-, муллит- или кордиеритсодержащего материала;

подставки для тарелок и приспособления для установки неглазурованной плоской посуды в стопки во время политого обжига или обжига декорированных изделий;

опорные плиты и бомзы, подпорки для установки обжигаемых изделий в наклонном положении;

опоры для выступающих деталей при обжиге скульптуры.

Огнеприпас испытывает высокие механические и термические нагрузки, поэтому он должен иметь высокую прочность в холодном и нагретом состоянии, термостойкость, стабильность размеров в ходе длительной эксплуатации, химическую устойчивость при температурах эксплуатации, умеренную себестоимость.

Высокая прочность огнеприпаса в холодном состоянии зависит от температуры обжига при изготовлении, гранулометрического состава шихты и степени уплотнения массы при формовании. Прочность в нагретом состоянии кроме того зависит и от химического состава. Огнеупорные материалы (Al_2O_3, SiC) повышают прочность огнеприпаса в нагретом состоянии, плавни (железо, известь, полевой шпат и пр.) ее понижают.

Термостойкость T определяют как функцию

$$T = f(K, \sigma, \lambda, 1/\alpha),$$

где K — параметр конфигурации; σ — прочность; λ — теплопроводность; α — температурный коэффициент линейного расширения

Муллит улучшает прочность огнеприпаса, карбид кремния — теплопроводность, кордиерит снижает температурный коэффициент расширения, поэтому данные материалы являются основой почти всех видов огнеприпаса. В то время как карбидкремниевые и муллитовые огнеупоры имеют достаточную прочность до температуры 1500 °С, кордиерито-муллитовые — только до 1380—1400 °С.

Стабильность размеров огнеприпаса зависит в первую очередь от способа изготовления. В ходе эксплуатации из-за дополнительной усадки или расширения материала огнеприпас деформируется и размягчается при температуре эксплуатации. Причиной усадки следует считать недостаточную температуру обжига, расширения — нестабильность состава шихты, размягчения — недостаточную термостойкость или превышение допустимой температуры эксплуатации

С повышением температуры и удлинением ее воздействия карбид кремния окисляется в SiO_2 с выделением CO или CO_2. При этом сильно увеличивается объем и уменьшается термостойкость огнеприпаса, причем тем интенсивнее, чем тонкозернистее материал.

Кордиерит видоизменяется при температурах выше 1350 °С, и температурный коэффициент расширения материала увеличивается, он становится чувствительнее к нагреванию и охлаждению.

В зависимости от области применения огнеприпас изготовляют различными способами. Для формования в шихту вводят больше или меньше жирных глин (от 50 до 5 %). При небольшом содержании жирных глин в массе для повышения прочности сырого полуфабриката применяют химические добавки — сульфитный щелок, поливиниловый спирт и т. п. Используемые глины часто бывают недостаточно огнеупорными, поэтому в массу иногда добавляют тонкомолотый глинозем.

Кордиеритовые массы содержат не более 72 % Al_2O_3, немного плавней ($Fe_2O_3 < 1$ %, $K_2O + Na_2O < 1$ %) и более 23 % SiO_2. В зависимости от температуры эксплуатации огнеприпаса для образования кордиерита в массу вводят 3—5 % MgO.

На основе многолетнего опыта на технологию изготовления огнеприпаса разработаны стандарты. Это сделано с целью экономии сырья и унификации использования огнеприпаса в промышленности тонкой керамики. При этом размеры огнеприпаса соотнесены с габаритами обжигаемых изделий, пропорциональность размеров огнеприпаса обеспечивает хорошее использование печного объема, а состав огнеприпаса сохраняется постоянным для соответствующих температур обжига.

Раньше огнеприпас, в особенности капсель, формовали на ручных станках. Технология литья не могла быть использована. В настоящее время огнеприпас в ГДР для предприятий промышленности тонкой керамики изготовляется методом прессования централизованно на заводе огнеприпаса в г. Триптисе. Для сокращения срока сушки в шихту добавляют мало воды. Давление прессования передают гидравлическим или механическим путем. Величина давления зависит от влажности массы: чем меньше влажность, тем больше давление. Масса с небольшим содержанием воды имеет меньшую усадку при сушке и стабильные размеры. До начала эксплуатации огнеприпас предварительно обжигают, температура обжига должна быть выше температуры, при которой огнеприпас будет эксплуатироваться. Шамотные материалы, как правило, обжигают при более низкой температуре.

Огнеприпас — это дорогой вспомогательный материал. Несмотря на возможность повторного использования боя, со всеми видами огнеприпаса следует обращаться очень бережно.

Перед началом эксплуатации проводят входной визуальный контроль при строгом соблюдении правил сортировки. К работам по обработке огнеприпаса, особенно капселя, относятся очистка кистью и снятие облоя шпателем. Для предотвращения приплавления изделий к капселю зеркало его покрывают слоем изоляции. В состав изоляции входят, например, 50 % электрокорунда, 20 % глины и 30 % обожженного глинозема. Обычно

капсель поставляют уже покрытым изоляцией, но ее можно наносить и на предприятиях-потребителях.

С увеличением циклов обжига капсель изнашивается. Обновление защитных покрытий способствует продлению срока службы огнеприпаса. Как правило, покрытие надо обновлять после третьего, пятого и седьмого циклов обжига, тогда последующее обновление становится ненужным.

После каждого обжига необходимо проверять пригодность огнеприпаса для дальнейшей эксплуатации. Чтобы предотвратить осыпание капсельных крошек на обжигаемые изделия, небольшие трещины замазывают противозасорочным составом, который содержит 25 % основной массы и 25 % производственной глазури. В основную массу входят тальк, гидрат глинозема и каолин. Поврежденную и стертую изоляцию обновляют. При разгрузке огнеприпаса допускаются нарушения, снижающие срок его службы. Слипшиеся бортами капсели можно разъединять только резиновым молотком. Удар другим инструментом разрушает капсель. Изоляцию по борту и ножке надо обновлять и обязательно удалять пыль.

Тяжелый физический труд в цехе обжига в настоящее время механизирован. В ГДР сконструирована установка, которая осуществляет механическое перемещение капселя и разгрузку тарелок. До сих пор остается ручной загрузка капселей. Стопки пустого капселя по 6—8 шт. перемещаются подвесным конвейером с подвижными подвесками. Транспортная система располагается над рабочими местами загрузки и разгрузки. С подвесного конвейера капсель передается переставляющим устройством на узел разборки стопок. Здесь капсели по одному перекладывают на промежуточный конвейер и вручную заполняют изделиями. При укладывании тарелок необходимо следить, чтобы их устанавливали строго посредине капселя. Тарелки не должны прикасаться к краю, иначе при размягчении глазури они прилипнут к капселю. Перед использованием капсель обязательно очищают от пыли сжатым воздухом.

Специальное устройство складывает заполненные капсели стопками по 30 шт. Таким образом механизирована одна из наиболее тяжелых операций.

Столбы капселей скапливаются на накопительном конвейере, готовые для загрузки на вагонетки. Пневматический захват, обслуживаемый одним рабочим, переставляет столбы капселей с накопительного конвейера на вагонетки. Загруженные вагонетки направляются к печам.

После обжига столбы капселей переставляются захватом с вагонетки на узел разборки, на котором стопки разъединяются и капсели по одному направляются к устройству для вынимания тарелок.

На участке разборки капселей тарелка с помощью вакуумного устройства переставляется на конвейер. В то время как тарелки направляются к машине для шлифования ножки, пустые капсели по другому конвейеру попадают на контроль и для обновления изоляции.

Второе устройство собирает в стопки пригодный для дальнейшего использования капсель, механическое устройство переставляет их на подвесной конвейер, который снова подает их к узлу разборки.

Описанные выше механические устройства иногда ускоряют износ капселей. Однако при правильном обращении с капселем (полное устранение явлений склеивания за счет правильного нанесения изоляции) и отладке механизмов исключаются многие причины повреждения капселя. Кроме того, возможен ряд технических усовершенствований, позволяющих снизить механическую нагрузку на капсель. Предпосылкой этого может стать точность соблюдения размеров капселей и устранение склеивания.

ГЛАЗУРИ

Назначение и классификация глазурей. Глазури по своему составу представляют собой стеклообразные силикаты, расплавляющиеся на глинистом черепке слоем толщиной 0,15—0,4 мм. Температура плавления глазурей в зависимости от вида черепка и температуры его спекания составляет 900—1400 °С.

Назначение глазурей — прикрыть пористый черепок изделий плотным и гладким слоем, придать изделиям с плотным черепком повышенную механическую прочность и хороший внешний вид, повысить химическую устойчивость, гарантировать электрические свойства, защитить внутри- и подглазурный декор от механического и химического воздействия, служить декоративным элементом, а также подложкой для над- и внутриглазурного декора.

Наряду с бесцветными, просвечивающими глазурями возможно получение цветных и приглушенных глазурей. Благодаря этому можно замаскировать окраску черепка или окрасить поверхность изделия. Кроме того, существует ряд «художественных» глазурей, с помощью которых достигают специальных эффектов.

Глазурь с волосяными трещинками (глазурь-кракле), благодаря которым она имеет более высокий температурный коэффициент линейного расширения, чем черепок. Трещины заполняют краской, после чего изделия повторно обжигают.

Потечные глазури, которые часто бывают цветными, накладывают рядом или друг на друга кистью или пульверизатором; при этом они растекаются, образуя своеобразные оттенки.

Матовые глазури имеют матовую поверхность, обусловленную кристаллизацией глазури. Их получают снижением температуры политого обжига или путем повышения содержания Al_2O_3, CaO, ZnO_2, MgO, TiO_2 при снижении содержания SiO_2.

Авантюриновые глазури характеризуются мельчайшими кристалликами, кажущимися многочисленными мелкими золотистыми блестками.

Требования, предъявляемые к глазури, в первую очередь зависят от назначения изделия. Важнейшие свойства глазурей следующие: блеск, цвет, белизна, кроющая способность; вязкость, поверхностное натяжение, взаимодействие с черепком; твердость, устойчивость к истиранию, пределы прочности при растяжении и сжатии; кислото- и щелочеустойчивость, минимальное выделение токсичных веществ; изолирующая способность; термическое расширение, температура размягчения и затвердевания.

Глазури разделяют: по назначению — для гончарной керамики, каменной керамики, фаянса, фарфора; по виду сырья — свинцовые, полевошпатовые, глинистые; по способу изготовления — налетные (соляные), фриттованные (предварительно сплавленные), сырые.

Другую классификацию предлагает Липинский, разделяя глазури по составу и внешнему виду: силикатные — свинецсодержащие, сырые, пепельные или плавленые, фриттован-

ные, бессвинцовые сырые и фриттованные, борсиликатные — свинцесодержащие борсиликатные сырые и фриттованные, бессвинцовые фриттованные и сырые; художественные — кракле, потечные, матовые, кристаллические, авантюриновые.

Сырье для глазурей. Глинистые глазури, применяемые в гончарном производстве и для тонкокаменной продукции, наряду с кварцевым песком и полевым шпатом содержат цветные глины, обеспечивающие при сильном обогащении оксидом железа цветовые оттенки от желтого до коричневого. К чистоте сырьевых материалов не выдвигается высоких требований.

Фриттованные глазури расплавляются при низких температурах и получаются в результате специального технологического процесса. Фриттуют глазури тогда, когда сырье растворимо в воде или токсично. Благодаря фриттованию образуются силикатные стекла с кварцем, и такие сырьевые материалы переводятся в водонерастворимое и нетоксичное состояние.

Все глазури содержат полевой шпат, предпочтение отдается чистому калиевому полевому шпату.

CaO вводят с кальцитом или мелом. Если в составе глазури наряду с CaO нужен MgO, применяют доломит и магнезит. При этом магниевые минералы требуют повышенных температур обжига. SiO_2 вводят с кварцевым песком или силикатами. Для этого предпочтительны полевошпатовые пески. Остальные сырьевые материалы — это каолин, соединения свинца, бура, карбонат натрия, поташ, селитра, а также политой бой.

Изготовлению глазурей необходимо уделять особое внимание. От способа и качества приготовления сырьевых материалов в значительной степени зависит качество глазури. Предварительное измельчение отощающих материалов проводят на бегунах или в шаровой мельнице, тонкое измельчение — в шаровых мельницах мокрого помола. Время помола зависит от твердости материала.

После помола проводят контроль — остаток на сите 10 000 отв./см² не должен превышать 0,1 %.

Плотность глазурной суспензии должна составлять 1,32—1,38 кг/л. В процессе глазурования плотность суспензии надо проверять несколько раз в день. После помола глазурь очищают от частиц железа с помощью магнитов. Железо попадает в глазурь в результате истирания деталей оборудования при предварительном измельчении сырья. Глазурная суспензия не должна оседать. Тяжелые частицы стремятся осесть на дно глазуровочной ванны и поэтому могут не попасть на черепок.

Как видно из классификации, различают фриттованные и нефриттованные глазури. Нефриттованные (сырые) глазури не содержат таких водорастворимых компонентов, как бура и сода, и, как правило, они не токсичны. Компоненты глазури попадают на черепок в виде сырой смеси и только в процессе политого обжига превращаются в стекло. Во фриттованных

глазурях, напротив, растворимые соли и токсичные материалы связываются (силикаты), благодаря чему образуются водонерастворимые и нетоксичные соединения.

Исходные материалы для фритты отвешивают по рецепту и примерно 20 мин перемешивают. Этот состав в течение 2 ч сплавляют во вращающейся барабанной печи, футерованной шамотным кирпичом, при температуре 1200—1400 °С и обязательно в окислительной среде. Иначе при определенных условиях может образоваться металлический свинец. Затем расплав опускают в резервуар с водой, где он резко охлаждается. Загрязнения и крупные куски отсортировывают.

Для изготовления фриттованной глазури фритту тонко мелют в шаровой мельнице мокрого помола. Незадолго до конца помола добавляют присадку, которая содержит водонерастворимые вещества, среди них каолин.

Фриттованная глазурь, нанесенная на черепок, представляет собой тонкий стеклянный порошок. При политом обжиге присадка расплавляется в стекле. Температура готовности фриттованных глазурей на 60—100 °С ниже температуры сырых глазурей.

Процесс плавления глазури. В процессе образования глазури после испарения содержащейся в сырье влаги и выделения химически связанной воды, например из кристаллического карбоната натрия и буры, при более высокой температуре удаляется химически связанная вода из борной кислоты, свинцовых белил, каолина, боратов кальция и стеатита. В области температур 575—900 °С образуются оксиды. Сульфиды под воздействием кислорода переходят в оксиды. Карбонаты (кальцит, карбонат натрия, поташ, магнезит, доломит) отдают CO_2 и также образуют соответствующие оксиды. Этот период должен проходить медленно, чтобы газы могли выделиться, не образуя пузырей.

Так как PbO, B_2O_3 и $Na_2B_4O_7$ легкоплавки, одновременно с разложением происходит их плавление. При дальнейшем повышении температуры легкоплавкие оксиды вступают во взаимодействие с SiO_2 и Al_2O_3, образуя эвтектические смеси, благодаря воздействию которых начинают растворяться остальные твердые компоненты. В сырых глазурях этот процесс проходит как общее спекание.

С повышением температуры глазурь все больше размягчается. Щелочные и кислотные оксиды образуют силикаты. Если присутствует борная кислота, возникают также бораты. На последней стадии силикаты и бораты полностью расплавляются и смешиваются. Расплав глазури растворяет SiO_2, оставшийся от разложения силикатов. Образуется чистый и прозрачный расплав глазури. Температура плавления глазури тем выше, чем больше в ее составе свободного кварца. Если кварц отсутствует, то глазурь легко плавится, стекает или всасыва-

ется черепком. Большую роль в процессе плавления играет соотношение между глиноземом, плавнями и кварцем. Несмотря на то что глинозем повышает точку плавления и огнеупорность глазури, его используют в соединении с кварцем для достижения хорошего блеска поверхности. Выше температуры 1200—1420 °С расплав становится жидкотекучим. При снижении температуры за пределы точки изменения агрегатного состояния расплав становится вязким, затем происходит переход глазури в упругожесткое состояние. Расплав почти без напряжений соединяется с черепком. При дальнейшем охлаждении разница термического изменения объема уже не может быть выравнена упругими силами, поэтому появляются напряжения.

Глазурь и черепок взаимно растворяют друг друга, на границе между ними появляется промежуточный слой, который при небольшой разнице удлинений выравнивает ее.

Образование промежуточного слоя зависит от состава черепка и глазури, температуры и продолжительности политого обжига, температуры первого обжига, пористости черепка и размера частиц.

Температурный коэффициент линейного расширения массы расплавляющейся глазури вследствие поглощения ею составляющих черепка снижается. Это снижение тем сильнее, чем длительнее политой обжиг.

Большое влияние на качество глазури оказывает ее толщина, которая в свою очередь зависит от плотности глазурной суспензии, продолжительности глазурования и всасывающей способности черепка. Слой глазури не должен быть ни слишком тонким, ни слишком толстым. При толщине слоя меньше 150 мкм шероховатость поверхности черепка оказывается прикрытой недостаточно. Оптимальная толщина слоя глазури 150—250 мкм. При большей толщине увеличивается масса изделия, повышается опасность образования натеков глазури.

Выравнивающее влияние промежуточного слоя на напряжения в глазури действует только до определенных пределов. Если температурные коэффициенты линейного расширения (ТКЛР) глазури и черепка сильно отличаются друг от друга, то появляются напряжения, приводящие к таким дефектам, как волосяные трещины, отскок глазури, отслаивание по краям. Если температурный коэффициент линейного расширения глазури больше температурного коэффициента расширения черепка, то вследствие более сильного сжатия происходит разрыв глазури.

Предел прочности при растяжении глазури меньше предела прочности при сжатии, поэтому волосяные трещины появляются чаще, чем отскакивание глазури. Эффект образования мелких трещин можно использовать для декорирования. Для предотвращения появления напряжений скорость охлаждения

должна учитывать свойства глазури, иначе даже соответствующая черепку по ТКЛР глазурь может получить такие напряжения, которые вызовут ее растрескивание. При напряжениях сжатия в глазури также могут образоваться трещины. Если температурный коэффициент линейного расширения глазури меньше температурного коэффициента расширения черепка, то глазурь оказывается под давлением. Высокое давление вызывает отслаивание глазури.

Расчет состава глазурей. Составленная Зегером (1839—1893 гг.) и названная его именем формула служит для расчета и проверки состава глазури.

Формула учитывает взаимодействие компонентов глазури на основании чего легко рассчитать некоторые ее основные параметры. При создании формулы Зегер исходил из молекулярных представлений, наиболее пригодных для керамической технологии. Калиевый полевой шпат $K_2Al_2Si_6O_{16}$ в молекулярном виде изображается как $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$, благодаря чему компоненты разделяются по эффективности взаимодействия. Присутствующие в глазури оксиды соответственно подразделяют на основные Li_2O, Na_2O, K_2O, MgO, CaO, BaO, PbO, ZnO, FeO, CoO, NiO, CuO, амфотерные Al_2O_3, Bi_2O_3, Fe_2O_3, Mn_2O_3, Cr_2O_3 и кислотные SiO_2, B_2O_3, SnO_2, TiO_2, V_2O_5.

В качестве примера можно рассмотреть подробно формулу Зегера для фаянсовой глазури:

$$\left.\begin{array}{l} 0{,}6PbO \\ 0{,}2CaO \\ 0{,}1MgO \\ 0{,}1Na_2O \end{array}\right\} 0{,}25Al_2O_3\} \, 2{,}5SiO_2$$

Такая запись не только наглядна, но одновременно отражает деление на три группы. Кроме того, по ней можно сделать заключение о взаимодействии между составляющими. Для упрощения расчета сумму молей основных оксидов приводят к единице. Далее рассчитывают соотношение между амфотерными и кислотными оксидами. В данном случае оно составляет:

$$\frac{Al_2O_3}{SiO_2} = \frac{0{,}25}{2{,}5} = 10.$$

На практике это соотношение служит критерием поведения глазури. Соотношение должно быть в пределах (1:9)—(1:11).

Глазурование, его дефекты и способы их устранения. Обычно глазурь наносят в виде суспензии, содержащей воды до 60 % от объема. Черепок глазуруемого изделия всасывает воду, твердое вещество глазури образует покрытие.

Глазуруют черепок методами окунания, полива, распыления. Пульверизатором распыляют специальные глазури и преимущественно на крупные изделия.

К подготовительным работам относится отсортировка дефектных и поврежденных изделий, а также устранение мелких дефектов. Для предотвращения скатывания глазури и образования плешин перед глазурованием изделия очищают от пыли преимущественно сжатым воздухом.

Следующий этап — контроль для выявления трещин. Мелкие трещины можно обнаружить, смочив изделия водой, окрашенной анилиновой краской. Если товарный знак наносят подглазурно, то после обдувания изделия маркируют.

На поверхности, не подлежащие глазурованию, наносят парафин, который препятствует всасыванию глазури. Если на эти поверхности опираются обжигаемые вместе с изделиями крышки, то к парафину добавляют глинозем.

Несмотря на широкую механизацию, ручное глазурование все еще имеет большое значение, особенно на мелких предприятиях и в производстве художественной керамики. Чтобы получить равномерную толщину глазури по всей поверхности, необходимо:

поддерживать заданное содержание твердого вещества в глазури (плотность должна быть 1,32—1,39 г/см³) и оптимальную температуру первого обжига, которая должна обеспечить достаточную прочность изделий при глазуровании и всасывающую способность черепка;

не допускать пребывания изделий в глазури до полного насыщения пористого черепка. Если удлиняется время глазурования или имеется пережог черепка, то глазурованная поверхность долго остается влажной и не поддается сразу дальнейшей обработке;

хорошо размешивать или полностью убирать остатки глазури, чтобы предотвратить появление ее натеков.

При ручном глазуровании изделия рекомендуется по возможности держать за ножку, так как в местах касания глазурь не пристает. Конвейеры и поверхности, на которые ставят глазурованные изделия, надо периодически очищать. Их можно делать из сетки с крупными отверстиями, тогда излишки глазури свободно стекают.

Конструкции машин для глазурования разрабатывают в основном для методов полива и окунания.

В ГДР сконструированы машины для глазурования плоских изделий методом полива. Тарелки или блюдца ставят на подающий конвейер, который проходит через обдувочную кабину. Стопорное устройство сталкивает изделия первым поводком точно на середину вращающейся турнетки непрерывно движущегося карусельного стола. Полуфабрикат со всех сторон омывается глазурью, вытекающей из нескольких сопел. Избыток глазури разбрасывается при вращении турнетки. Возврат собирается в бачок и снова подводится насосом к системе сопел. После глазурования вращение турнеток затормаживается и

тарелка сталкивается вторым поводком на разгрузочный конвейер. Машина для глазурования мелких изделий и чашек сконструирована по такому же принципу. Чашки при этом ставят ножкой вверх.

В машинах для глазурования окунанием изделия закрепляют на подставках обычно одним или несколькими проволоч-

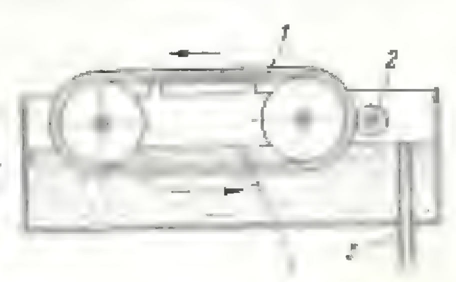


Рис. 53. Машина для зачистки глазури:
1 — лента из пористой резины; 2 — прижимной валик; 3 — слив воды; 4 — уровень воды

ными тросиками. Машина представляет собой вращающийся карусельный стол, на котором на равных расстояниях размещаются держатели. Глазуруемое изделие насаживают на фиксирующую крестовину вручную или механически. При вращении стола прижим с проволочным тросиком опускается и зажимает насаженное изделие. Все вместе погружается в глазурь. После возврата в исходное положение прижим поднимается и полуфабрикат освобождается.

В машинах новых конструкций для прижимания изделий к подставкам используют усилие сопротивления жидкости. Проводят также эксперименты по комбинированию методов окунания и полива. Наряду с поточными линиями для глазурования плоских изделий в эксплуатации находятся машины для глазурования чашек. При этом чашки вручную ставят в приемные гнезда подающего конвейера (последний может быть соединен с машиной для подглазурного нанесения марки завода). Скорость конвейера плавно регулируется от 6 до 20 м/мин.

Для получения слоя глазури достаточной толщины чашки проходят под тремя глазурующими соплами. Последнее сопло обеспечивает глазурование чашки внутри. Форма струи может быть отрегулирована в соответствии с конфигурацией чашки. После нанесения глазури чашки проходят между двумя боковыми соплами, которые заглаживают поверхность и снимают натеки. Одновременно воздушное сопло, включаемое фотоэлементом, сдувает остатки глазури с ножки, предотвращая образование капель. После этого чашка попадает на ленту из пористой резины, которая впитывает избыток глазури с края чашки. На последней позиции находится машина для зачистки глазури (рис. 53). С нее чашки поступают на склеивание попарно или устанавливаются на бомзы. На этих же машинах можно глазуровать крышки для чайников, кофейников и дру-

16. Дефекты глазурования, причины их возникновения и способы предотвращения

Дефект	Причина возникновения	Предотвращение дефектов
Сборка глазури	Загрязнение изделия жиром, сажей, пылью	Соблюдать чистоту, тщательно обеспыливать, при налете сажи повторно обжигать
	Слишком тонкий помол	Контролировать степень помола
Натек (утолщение)	Неправильное глазурование, очень толстый слой глазури, недостаточная частота вращения изделия при поливе, медленное торможение вращающегося изделия, высокая плотность глазури	Лучше очищать или сливать остатки глазури, уменьшать плотность глазури, проверять оборудование, контролировать плотность
Прилипание к подставке	Остатки глазури на опорных поверхностях, грязная вода в машине для зачистки глазури	Обеспечивать равномерное прижатие изделия к зачищающей ленте, чаще менять воду или использовать проточную
Плешина	Отскакивание или стирание глазури	Избегать столкновения изделий при обработке и загрузке, особенно осторожно обходиться с высохшей глазурью, приклеивать ножку неустойчивого изделия
Выгорка	Остатки пыли	Обеспечивать хорошую обдувку и влажную замывку полуфабриката
Заглазурованная засорка	Кусочки массы в глазури или на поверхности изделия после первого обжига	Чаще процеживать глазурь через сито, улучшать контроль изделий перед глазурованием
Неровная, волнистая глазурь	Сильная струя глазури, большая частота вращения шпинделя, недостаточно плавней в глазури, плохое растекание глазури	Проверить оборудование и настроить его заново, проверить состав глазури и температуру политого обжига
Трещина	Велик температурный коэффициент линейного расширения глазури	Проверить состав глазури
Стекание глазури	Плотная глазурь, низкое число кислотности, завышена температура политого обжига, много плавней	Проверить плотность глазурной суспензии, состав глазури и температуру политого обжига
Вскипание глазури, пузыри и прыщи	Быстрый подъем температуры во время обжига, глазурь расплавилась до окончания выделения газов из черепка	Проверить режим политого обжига
Булавочные наколы	Лопнувшие, но не закрывшиеся пузырьки воздуха в глазури, узкий интервал плавления глазури	Расширить интервал плавления глазури
Матовость	Кристаллизация глазури вследствие воздействия SO_2 из печных газов, низкая температура политого обжига	Проверить режим политого обжига

гие изделия. Допустимая величина глазуруемого изделия зависит от ширины потока глазури и расстояния по вертикали от последнего сопла до поверхности конвейера.

Снятие глазури с опорных и контактных поверхностей — трудоемкий процесс, осуществляемый или путем смещения изделия по влажной пористой движущейся ленте конвейера для зачистки ножки, или на двух движущихся параллельно с разной скоростью лентах или на виброконвейере.

После глазурования становятся хорошо заметными трещины в черепке и другие дефекты (табл. 16).

ДЕКОРИРОВАНИЕ

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ И НАЗНАЧЕНИЕ

С доисторических времен люди украшали глиняные сосуды, процарапывая и вдавливая сначала простые, затем более сложные узоры из штрихов и полосок; позднее научились применять природные минеральные краски.

С изобретением гончарного круга возможности формования значительно расширились. У изделий появились ручки и носики. Искусство декорирования развивалось, изыскивались новые приемы, совершенствовались старые. Постепенно пришли к пониманию того, что декор и форма должны составлять единое целое. В районах ассиро-вавилонской и египетской цивилизаций научились применять цветные глазури. Искусство декорирования глазурями достигло дальнейшего подъема у китайцев, мавров и персов. И до настоящего времени глазурь остается важным декоративным элементом.

В более позднее время на поверхность изделий стали наносить выступающие украшения. Этот вид декора, известный под названием рельефа, дает привлекательный светотеневой эффект, который часто усиливают с помощью красок или благородных металлов.

С появлением красок стали развиваться многочисленные способы декорирования. Если сначала использовали исключительно природные краски, то позднее, еще за несколько столетий до начала эры, начали применять плавленые черные, белые и желтые краски, с IX в. — люстровые.

Китайцы уже в начале XIV в. пользовались подглазурными кобальтовыми красками. В связи с тем что кобальтовая синяя краска была заимствована с Ближнего Востока, ее называли магометанской. В XV в. в Китае появляются первые живописные работы надглазурными красками, однако количество цветов было ограничено.

В Майсене до 1720 г. основными красками для декорирования фарфора были железистая красная и черный припой, который при добавлении пиролюзита [оксида марганца (IV)]

превращался в свинцовый флюс. Кроме накладного золота, употреблялась открытая Бёттгером пурпуровая люстровая краска. На старинном майсенском фарфоре царила так называемая холодная живопись необжигаемыми лаковыми красками. Со временем стали осваивать технологию декорирования закрепляемыми в обжиге красками.

Решением проблем в составлении красок в первые десятилетия после основания Майсенская мануфактура обязана Иоханну Грегориусу Хёрольдту — человеку, обладавшему значительными познаниями в химии и опытом в технологии изготовления красок. Уже в 1731 г. Херольдт составил большое количество рецептов красок. Красящие оксиды смешивали с разновидностью свинцового флюса. К этому времени уже использовали следующие краски: так называемую неаполитанскую желтую, золотой пурпур, пурпуровый люстр, соединения кобальта. Краски раннего Майсена не имели такого блеска, как современные, из-за недостаточной чистоты сырьевых материалов.

К концу XIX в. значительно увеличилось количество цветовых оттенков, улучшилось качество красок. В 1827 г. Хайнрих Готтлиб Кюн изобрел в Майсене глянцевое золото (глянцгольд). Позднее вместо порошкового препарата Хёрольдта удалось получить жидкое матовое золото, так называемое полировальное. В 1879 г. на рынке впервые появилось золото для керамических работ (глянцевое золото фирмы «Дегусса»).

В наше время вот уже в течение 50 лет ведутся работы по созданию устойчивых надглазурных красок.

По назначению различают подглазурные, надглазурные и внутриглазурные краски. Подглазурными красками расписывают неглазурованный черепок, который затем глазуруют и обжигают. Из-за высокой температуры политого обжига количество применяемых красок невелико, причем для подглазурного декорирования фаянса палитра их немного шире, так как температура политого обжига фаянса ниже, чем фарфора.

Для надглазурного декорирования имеются краски богатой цветовой палитры, с помощью которых можно воспроизводить многокрасочные цветы и пейзажи, растения и архитектуру, а также копии с картин. Внутриглазурные краски наносят на глазурованный обожженный черепок (фарфор) или на еще не обожженную глазурь (художественный фаянс). После того как внутриглазурные краски (погружающиеся в глазурь краски) стало возможным применять при температуре 1200 °С и более, эта палитра также обогатилась.

Некоторые способы декорирования в настоящее время механизированы, например нанесение деколи на изделия. Наряду с декорированием деколью получила развитие прямая трафаретная печать.

Отдельные виды декорирования часто комбинируют друг с другом. Декор должен соответствовать форме изделия, например для посуды в стиле барокко не подходит декор в стиле модерн, и наоборот.

Посуде с дефектами глазурования и шлифования с помощью декора можно придать товарный вид, например, покрыв изделия с помощью аэрографа, разбросав по поверхности мелкие цветы или искусно прикрыв эти места декором.

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ДЕКОРИРОВАНИЯ

Для декорирования тонкокерамических изделий применяют в основном керамические краски и препараты благородных металлов. Люстровые краски используют ограниченно, цветные и художественные глазури, как и ангобы, — только для фаянса, витриес-чайна и декоративной керамики.

Керамические краски и препараты благородных металлов приготовляют для различных способов декорирования, смешивая их с маслами и лаками, которые испаряются и сгорают в процессе обжига декорированных изделий.

Керамические краски. В соответствии с возможными видами декора различают краски надглазурные, внутриглазурные, подглазурные, сравнительные характеристики которых приведены в табл. 17.

При надглазурном декорировании краски наносят на глазурованный обожженный черепок и обжигают в окислительной среде при температуре 800—850 °С так, что краска наплавляется на глазурь, не вплавляясь в нее. Палитра надглазурных красок охватывает всю цветовую шкалу, причем смешиванием красок можно получить любые цветовые оттенки.

Надглазурные краски обычно состоят из флюса (или смеси флюсов) и собственно пигмента. Флюс и пигмент в большинстве случаев тщательно перемешивают, иногда же их дополнительно спекают, фриттуют или сплавляют. В некоторых случаях в качестве надглазурных красок используют окрашенные флюсы.

Назначение флюса — закрепить пигмент на глазури и придать краске блеск, твердость и устойчивость к механическим и химическим воздействиям. Флюсы — это тонкоизмельченные, легкоплавкие стекла, температура плавления которых ниже температуры размягчения глазури. По химическому составу флюсы представляют собой свинцовые или свинцовоборные силикаты (PbO 30—80 %), содержащие также некоторое количество щелочных (Na_2O, K_2O) и щелочноземельных (CaO, MgO) оксидов, оксид алюминия, а также иногда специальные добавки для получения особых свойств, например оксид циркония, оксид титана. Составы флюсов соответствуют типам и требуемым свойствам красок, получаемых на их основе.

В качестве сырьевых материалов для получения флюсов служат свинцовый сурик Pb_3O_4, кварц SiO_2, борная кислота H_3BO_3, бура $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$, натриевый и калиевый полевые шпаты, доломит, карбонат натрия Na_2CO_3, поташ K_2CO_3, глинозем Al_2O_3 или гидроксид алюминия и др. Сырьевые материалы смешивают в сухом состоянии и сплавляют во вращающейся или тигельной печи при температуре 900—1350 °С. Сплавленный флюс резко

17. Сравнение надглазурных, внутриглазурных и подглазурных красок

Характеристика	Краска		
	надглазурная	внутриглазурная	подглазурная
Количество цветовых тонов	Практически неограниченно	Ограниченное (например, нет пурпурных красок)	Очень сильно ограничено
Нанесение декора	Поверх глазури после политого обжига		Под глазурь после первого до политого обжига
Связующие для красок	Эфирные масла, скипидар, бальзамы		Вода, сахаристые вещества (сироп, глюкоза), гуммиарабик, декстрин, глицерин
Температура обжига, °C	800—850	1200—1280 (краски высокого огня 1350—1400)	1360—1430 (политой обжиг фарфора)
Продолжительность обжига, ч	4—6	1—1,5	25—35 (в туннельных печах)
Газовая среда	Окислительная		Восстановительная
Печи для обжига	Туннельные с обжиговыми коробами (электрические)	Высокотемпературные для скоростного обжига (щелевые, газовые)	Политого обжига (газовые)
Расположение декора после обжига	На глазури	Внутри глазури	Под глазурью
Кислото- и щелочеустойчивость	Три группы: неустойчивая, средней устойчивости и высокоустойчивые	Устойчивые	
Выделение PbO, мг/дм²	То же	0,1	0
Механическая устойчивость при употреблении	Ограниченна	Неограниченна	

охлаждают в воде, при этом он измельчается, после чего проводят многодневный мокрый помол в шаровой мельнице с кремниевыми шарами, последующую сушку и дополнительное измельчение в ударно-дисковых (штифтовых) мельницах.

Пигменты обычно состоят из оксидов металлов или соединений на их основе, причем предпочтение отдают шпинельным структурам $MeO \cdot Me_2O_3$. Основные цвета получают, используя следующие соединения: желтый — антимонат свинца (неаполитанский желтый) $3PbO \cdot Sb_2O_5$, зеленый — оксид хрома (III) Cr_2O_3, синий — оксид кобальта (II) CoO, коричневый — оксид железа (III) Fe_2O_3, черный — соединения на основе оксидов железа, кобальта, хрома и марганца.

Эти соединения редко применяют сами по себе. При их взаимодействии с SiO_2, ZnO, Al_2O_3 образуются силикаты, цинкаты, алюминаты, повышается их термическая устойчивость и получаются различные цветовые оттенки.

Комбинацией пигментов можно получать переходные тона, например: турецкую синь — на основе оксидов кобальта (II) и хрома (III), желто-зеленый — на основе антимоната свинца и оксида кобальта (II), оливковый и коричневый — на основе оксидов железа (III) и хрома (III), серый — разбавлением черного.

Состав пигмента зависит от требуемого тона после обжига, причем чистота тона является важнейшим показателем качества.

Светлые красные тона получают смешением темно-красного селенида кадмия $CdSe$ с интенсивным желтым сульфидом кадмия CdS с образованием сульфоселенидов кадмия. Для кадмиевых красок, охватывающих цвета от желтого, оранжевого, желто-красного, красного до бордового, необходимы специальные флюсы, их нельзя смешивать с другими красками.

Пурпуровую краску изготовляют на основе кассиевского золотого пурпура, представляющего собой окрашенный коллоидно-распределенным золотом гидрогель оловянной кислоты, полученный восстановлением золотохлористоводородной кислоты $H[AuCl_4]$ хлоридом олова $SnCl_2$ (II). При добавлении соединений серебра пурпур становится карминно-красным, при смешивании с синими пигментами — фиолетовым. При смешивании пурпура с белилами получают пастельные тона. Группа пурпуровых красок охватывает тона от насыщенного кармина до фиолетового и от нежно-розового до сиреневого. Как и селенокадмиевые, пурпуровые краски применяются со специальными флюсами, однако их можно смешивать и с другими красками.

Пигменты на основе оксидов металлов изготовляют путем спекания смешанных в сухом или мокром виде сырьевых материалов (оксидов, гидроксидов, карбонатов), которые затем измельчают в бегунах или щековых дробилках, при необходимости промывают и тонко измельчают многодневным помолом со спиртом в шаровых мельницах. Для сохранения цвета пигмента необходимо тщательно отбирать особо чистое сырье, а также строго выдерживать технологические параметры, особенно режим обжига.

Надглазурные краски обычно состоят из 15—20 % пигмента и 80—85 % флюса. Хорошие технологические свойства красок обеспечиваются равномерной тониной помола со средним зерновым составом 3—6 мкм. Надглазурные краски пригодны для всех способов декорирования. В ГДР их поставляют потребителю в виде порошка для живописных работ и трафаретной печати, в виде суспензии в скипидаре для аэрографных

работ или в виде препаратов, обработанных вазелиновым маслом, для пудрования при нанесении штампа или офсетной печати.

Современные краски выпускают в виде полных палитр, содержащих все цветовые тона. Такая палитра построена на единой флюсовой основе и представляет собой тщательно подобранное целое. Этим обеспечивается универсальная смешиваемость и сочетаемость красок, поэтому рекомендуется использовать для декорирования краски одной палитры.

Надглазурный декор более сильно поддается химическим и механическим воздействиям, чем внутри- и надглазурный декор, защищенный глазурью.

В настоящее время от красок все в большей степени требуется химическая устойчивость. Декор не должен разъедаться ни кислыми продуктами питания, ни щелочными моющими средствами, прежде всего под воздействием кислот он не должен выделять токсичные вещества, поэтому в последнее время много работают над созданием устойчивых надглазурных красок.

Устойчивость красок к химическим и механическим воздействиям достигается прежде всего благодаря специально составленным флюсам, содержащим уменьшенное количество свинца и некоторые элементы (например, литий, алюминий, титан, цирконий), повышающие кислотоустойчивость. Имеет значение также и состав пигмента, например для синих красок. Требование одновременной кислото- и щелочеустойчивости в силу природных закономерностей содержит в себе противоречие. Так, кислотоустойчивые краски всегда проявляют некоторую чувствительность к воздействию щелочей, и наоборот. Поэтому задача заключается в достижении удовлетворительной устойчивости в обоих направлениях. Устойчивостью, естественно, должны обладать также и смеси красок.

Вследствие пониженного содержания свинца устойчивыми красками труднее работать, так как они менее эластичны. Химическая устойчивость обеспечивается только правильным применением красок и строгим соблюдением условий обжига.

Согласно TGL 24693 категория устойчивости краски определяется следующими показателями (табл. 18).

18. Устойчивость надглазурных красок

Краска	Кислотоустойчивость	Количество выделяемых токсичных веществ, мг/дм²	
		Pb	Cd
Неустойчивая	—	>10	>5
Средней устойчивости	+	1—10	0,5—5
Высокоустойчивая	+	<1	<0,5

В связи с тем что выделение токсичных веществ зависит от толщины слоя краски, такое разделение справедливо только для одного вида декора, причем на практике достаточно разделять по категориям устойчивости краски, предназначенные для трафаретной и офсетной печати.

Таким образом, неустойчивые надглазурные краски могут выделить количество токсичных веществ, превышающее предельные значения. Такие краски запрещено применять для изделий, которые вступают в контакт или могут соприкасаться с продуктами питания; они могут быть использованы только для декоративных изделий. Надглазурные краски средней устойчивости могут применяться для декорирования предметов первой необходимости, соприкасающихся с продуктами питания, если при испытании изделий подтверждается соблюдение установленных пределов выделений токсичных веществ.

Высокоустойчивые надглазурные краски предназначены для украшения посуды всеми способами декорирования. Степень их устойчивости гарантирует соблюдение установленных пределов выделения токсичных веществ даже при условии нанесения их сплошным фоном.

Внутриглазурные краски, так же как надглазурные, наносят на глазурованный, прошедший политой обжиг черепок, однако окислительный обжиг проводят при достаточно высокой температуре (обычно 1200—1280 °С). В результате краски вплавляются в размягченную глазурь.

Высокотемпературные надглазурные краски (температура обжига 1000—1100 °С) не относятся к внутриглазурным. Разработанные в последние годы погружающиеся (вжигаемые) краски (температура обжига 1200—1280 °С) так же, как и издавна известные краски высокого огня (температура обжига 1350—1400 °С), являются типичными внутриглазурными красками.

Разработка внутриглазурных красок и широкое распространение внутриглазурного декорирования вызваны требованием одновременной кислото- и щелочеустойчивости изделий, соответственно устойчивости их к действию моющих средств при обработке в моечных машинах и минимального выделения токсичных веществ.

Внутриглазурное декорирование обеспечивает практически полную химическую и механическую устойчивость декора при относительно широком выборе цвета. После того как удалось разработать кадмиевые пигменты для внутриглазурного декорирования (в качестве «включенных соединений» термически нестабильных кадмиевых сульфидов, сульфоселенидов и селенидов в термически стабильные кристаллические решетки силикатов циркона), палитра внутриглазурных красок оказалась лишь не на много ограниченной по сравнению с палитрой надглазурных красок.

Внутриглазурные краски, как и надглазурные, состоят из флюсов и пигментов в соотношении 70 : 30 (у красок высокого огня 50 : 50). Внутриглазурные флюсы содержат меньше свинца и, естественно, являются более жесткими, чем надглазурные. Пигменты должны быть стабильными при температуре обжига.

Для получения внутриглазурных красок основных цветов применяют пигменты на базе следующих элементов

Цвет	Элементы
Желтый	Sn/V, или Zr/V, или Zr/Si/Pr
Желто-коричневый	Ti/Sb/Cr
Зеленый	Zr/Si/V или Zr/Si/Sn/V (наряду с хромовыми пигментами)
Синий	Zr/Si/V (наряду с кобальтовыми пигментами)
Серый	Sn/Sb
Пинковый (розовый)	Sn/Ca/Si/Cr, или Zn/Al/Cr, или Zr/Si/Fe

Пурпуровые краски отсутствуют.

Флюсы, пигменты и краски получают так же, как и надглазурные флюсы, пигменты и краски. Внутриглазурные краски можно использовать для всех способов декорирования.

Внутриглазурный декор часто имеет более мягкие контуры, чем надглазурный, что с художественной точки зрения может рассматриваться как преимущество.

Подглазурные краски наносят на изделия непосредственно после первого обжига. Затем изделия глазуруют и обжигают при температуре примерно 1400 °C (фарфор), иногда краски наносят на необожженную глазурь. Таким образом, обжиг декора совмещают с политым обжигом изделий.

Теоретически в качестве подглазурных красок можно использовать чистые пигменты. Однако обычно к ним добавляют до 20 % глазури или смеси полевого шпата, каолина, кварца и мела для закрепления пигмента во время обжига на черепке.

Из-за высокой температуры обжига, химического воздействия на пигменты восстановительной газовой среды и расплавляющейся глазури только немногие из них оказываются пригодными для подглазурного декорирования. В основном это оксиды кобальта и хрома, соединения железа, марганца, никеля, урана, титана, ванадия, циркония и некоторые редкоземельные металлы, причем для издавна применяемых оксидов предпочтительны шпинельные структуры. По этой причине палитра подглазурных красок очень ограничена: нельзя получить целый ряд цветовых оттенков.

К разновидности подглазурных красок относятся водные растворы солей тяжелых металлов (обычно нитраты или хлориды), которые наносят на прокаленный черепок кистью или аэрографом. Краски впитываются черепком, а затем при обжиге

разлагаются. Они имеют интенсивную окраску, но не дают четкого контура декора.

Керамические препараты драгоценных металлов. Данные препараты обеспечивают возможность декорирования керамических изделий золотом, серебром и платиной.

Различают глянцевые препараты, которые блестят сразу же после обжига, и полировальные препараты, которые после обжига выглядят матовыми и требуют полировки.

Глянцевые и полировальные препараты обычно изготовляют жидкими, а иногда в виде паст. Наряду с ними существуют также порошкообразные препараты благородных металлов (для пудрования).

Керамические препараты благородных металлов можно применять для всех способов декорирования, причем для некоторых из них (например, нанесения кистью или штампом, механизированного декорирования, трафаретной печати, пудрования) изготовляют специальные препараты. Для декорирования на темном фоне (например кобальтовом) используют просветленные глянцевые и полировальные препараты.

Керамические препараты благородных металлов можно обжигать вместе с надглазурными красками в окислительной среде при температуре 800—820 °C. Однако глянцевые препараты нельзя обжигать вместе с кадмиевыми красками и полировальными препаратами, так как при этом кадмий или ртуть могут осесть на блестящей поверхности и загрязнить ее. Для полного удаления выделяющихся при сгорании органических веществ следует обеспечить хорошую циркуляцию газовой среды.

В последние годы разработаны высокотемпературные препараты благородных металлов (полировальное и пудровальное золото), выдерживающие температуру обжига до 1250 °C, т. е. значительно выше точки плавления золота. Нежелательное плавление золота предотвращают легированием его с неблагородными и благородными металлами (например, Ti, Ni, Fe, Pt, Pd, Rh), со стабилизирующими оксидирующими добавками (например, SnO_2, Al_2O_3) с применением тугоплавкого промежуточного слоя между глазурью и декором (например, ZrO_2, $ZrSiO_4$, SnO_2).

Жидкие глянцевые препараты содержат благородные металлы в виде истинно или коллоидно растворенных органических соединений.

Глянцевое золото — темно-коричневая, маслянистая и прозрачная жидкость — представляет собой раствор резината золота (золотой смолы) в эфирных маслах и органических растворителях. Кроме того, оно содержит также в форме резинатов висмут и хром в качестве активизаторов адгезии, родий для повышения устойчивости при высокой температуре. Препараты содержат обычно 12 % золота.

Резинат золота получают реакцией взаимодействия спиртового раствора тетрахлораурата калия $K[AuCl_4]$ с серным бальзамом, который образуется при кипячении скипидара

и скипидарного масла с серой. При этом золото, возможно с помощью серных мостиков, откладывается на ароматических составляющих скипидара или скипидарного масла. Затем коричневый порошок резината золота очищают переосаждением, растворяют в смеси эфирных масел и органических растворителей вместе с резинатами висмута, хрома и родия, а также с другими добавками (например, сгустителями).

Природные вещества — скипидар и скипидарное масло — характеризуются колебаниями химического состава и не могут обеспечить получения препарата глянцевого золота со стабильными свойствами, поэтому с некоторых пор глянцевое золото изготовляют, используя соединения постоянного химического состава, например пиненмеркаптан. Такое глянцевое золото, хорошо зарекомендовавшее себя при декорировании стекла, отличается не только стабильностью, но и лучшим качеством. Хотя толщина слоя глянцевого золота только около 0,1 мкм, однако благодаря добавкам висмута и хрома декор достаточно устойчив.

Глянцевое золото после обжига на изделиях имеет характерный слегка розоватый оттенок. Лимонное глянцевое золото благодаря добавке серебра отличается зеленоватым оттенком. Глянцевое серебро приготовляют на основе золота и платины (название глянцевое серебро — неточно), глянцевую платину — на основе платины. Эти препараты изготовляют и применяют так же, как глянцевое золото.

Жидкие полировальные препараты представляют собой суспензии тонкораспределенного порошка благородного металла в глянцевом препарате. Полировальное золото содержит некоторое количество ртути, которая испаряется при обжиге декора. Полировальные препараты золота изготовляют обычно с содержанием золота $16\,^{2}/_{3}$ или 20 %.

После обжига золото полируют агатовыми стержнями, влажным морским песком, щетками или дисками из стекловолокна. Слой полировального декора в 3—6 раз толще слоя глянцевого декора, поэтому полировальный декор прочнее и дороже.

Полировальное серебро получают на основе серебра, полировальную платину — на основе платины. Эти препараты по изготовлению и использованию аналогичны препаратам золота.

Пудровальные препараты — это тонкозернистые препарированные в виде пудры порошки благородных металлов, которые содержат еще флюсы и другие добавки (например, ртуть). Препараты изготовляют с содержанием от 45 до 90 % благородного металла.

Пудровальное золото используют так же, как пудровальные краски. После обжига декора получают матовую позолоту, которую надо полировать так же, как и матовое золото.

Люстры. Люстры — это растворы органических соединений металлов (например, кобальта, хрома, марганца, железа, урана) в эфирных маслах и органических растворителях, люстры могут содержать благородные металлы (розовые, карминовые, рубиновые, фиолетовые, синие и зеленые люстры), но могут и не содержать их (желтые, оранжевые, коричневые, иризирующие люстры).

При обжиге люстры образуют на глазури тонкие, блестящие, переливающие радужными цветами пленки оксидов обычных металлов или смесей оксидов обычных и благородных металлов. Радужный блеск люстрового декора обусловлен разным отражением поверхностью падающего света — цвет изменяется в зависимости от точки наблюдения (эффект интерференции). Этот эффект для иризирующего люстра усиливают путем изменения толщины наносимого слоя. Используют люстры — кракле, мраморные, побежалые, жемчужные и потечные.

Люстры, так же как надглазурные краски, обжигают в окислительной среде при температуре 800—820 °С. За исключением иризирующих, люстры можно обжигать вместе с красками (кроме кадмиевых) и препаратами благородных металлов.

ХИМИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ КЕРАМИЧЕСКОГО ДЕКОРА

В последние годы одним из важнейших показателей качества стала устойчивость керамического декора к воздействию химических реагентов — кислот и щелочей. В связи с этим различают кислото- и щелочеустойчивость.

Так как при воздействии кислых реагентов на керамические глазури и декор могут выделяться токсичные вещества, кислотоустойчивость принимают за предпосылку минимального выделения токсичных веществ.

Кислотоустойчивость. Пищевкусовые продукты содержат кислоты; кроме того, в процессе приготовления пищи и при употреблении ее подкисляют (например, овощи, цитрусовые, фрукты, соленые огурцы, маринованная сельдь). Степень кислотности и концентрация солей хотя и ограничены, но достаточны для разъедания красок и глазурей, во всяком случае при многократном воздействии и повышенной температуре.

В пище и напитках в основном содержатся уксусная, лимонная, винная и яблочная кислоты и не содержатся никакие минеральные кислоты. По этой причине для испытания керамических изделий на кислотоустойчивость обычно используют 4 %-ную уксусную кислоту, которая действует в течение 24 ч при температуре 20 °С. При испытании декор примерно наполовину окунают в уксусную кислоту или сосуд наполняют уксусной кислотой так, что декор оказывается покрыт ею наполовину. После выливания уксусной кислоты, ополаскивания изделия чистой

водой и высушивания между участками декора, обработанными и не обработанными уксусной кислотой, не должно быть заметно изменения цветового оттенка, блеска или повреждения поверхности.

Таким образом, кислотоустойчивый декор стоек к 24-часовому воздействию 4 %-ной уксусной кислоты при комнатной температуре.

Щелочеустойчивость. Посуду издавна моют с применением щелочных моющих средств, только с недавних пор при ручной мойке стали использовать нейтральные поверхностно-активные моющие вещества. В моечных машинах декор подвергается химическому действию относительно сильных щелочей (pH 9—11) при температуре 50—65 °С, а иногда 90 °С, причем щелочная очистка завершается ополаскиванием кислотным раствором. Кроме того, декор испытывает механическое воздействие струи воды.

Для оценки щелочеустойчивости как основного показателя стойкости к обработке в моечных машинах трудно найти подходящий способ испытания. Например, получасовое кипячение в 1 %-ном водном растворе Na_3PO_4 хотя и позволяет оценить этот показатель, но не гарантирует получение таких же показателей при механизированной мойке посуды. Это можно установить только непосредственным испытанием в моечной машине.

Выделение токсичных веществ. Согласно законодательству ГДР об охране здоровья трудящихся, а также аналогичным предписаниям других государств предметы народного потребления, вступающие в контакт с пищевыми продуктами, не должны ухудшать их качества и наносить вред здоровью человека своими составными частями или загрязнениями. Запрещено выпускать в обращение продукцию, не соответствующую этим требованиям. Выделение токсичных веществ из посуды для употребления и приготовления пищи не должно превышать предельных значений.

При воздействии кислотных реагентов из керамических глазурей и декора могут выделиться основные токсичные вещества: свинец и кадмий, а наряду с ними — сурьма, барий и др. Свинец — это важнейшая составная часть над- и внутриглазурных красок, а также ряда глазурей (например, фаянсовых). Сульфид, сульфоселенид и селенид кадмия образуют пигменты для ярко-желтых и красных надглазурных красок и глазурей; такие цвета не удается получить ни с какими другими пигментами.

Свинец и кадмий — это тяжелые яды. Хотя их смертельная доза довольно велика, оба металла могут накапливаться в организме, поэтому даже небольшие дозы (1—2 мг Pb в день) при длительном воздействии становятся опасными. Свинец откладывается в костях, печени, почках и разрушает центральную нервную систему, кровь и клетки. Кадмий накапливается в печени и легких, блокирует энзимные системы, а при хроническом отравлении вызывает анемию и изменение костей. Несмотря на то что количества свинца и кадмия, выделяющиеся из керамической посуды, могут показаться незначительными, их следует рассматривать с точки зрения общего воздействия токсичных веществ на человека, которое постоянно возрастает с развитием технического прогресса.

Показатели предельно допустимой концентрации токсичных веществ, а также условия и методы их определения в отдельных государствах различны, однако все в большей степени они становятся международными.

Предельные выделения токсичных веществ обычно относят к тем участкам поверхности посуды, которые при использовании изделий по назначению или при предполагаемом использовании соприкасаются или могут соприкасаться с пищевыми продуктами: к внутренней поверхности полой и плоской посуды и соприкасающемуся с губами краю сосудов для питья (край наружной поверхности сосуда шириной 20 мм). Предельные выделения токсичных веществ для плоской посуды часто относят к площади поверхности, мг/дм², для полой посуды — к объему, мг/л. Для плоской посуды учитывается площадь, покрытая контрольным раствором при наполнении ее до края (в последнее время также площадь зеркала контрольного раствора), для полой посуды — объем контрольного раствора при наполнении ее до края.

Приняты следующие международные предельные выделения токсичных веществ: для плоской посуды 1 мг/дм² Pb и 0,1 мг/дм² Cd; для полой посуды 5 мг/л Pb и 0,5 мг/л Cd.

Эти значения приняты также в стандарте ГДР TGL 14934/01.

Методы и условия испытаний, при которых определяют количество выделяемых токсичных веществ, должны соответствовать условию «использования по назначению или предполагаемого использования», обеспечивать сравнимость и воспроизводимость результатов, а также простоту, скорость и точность проведения испытаний. В качестве контрольного раствора обычно применяют 4 %-ную уксусную кислоту, воздействие которой примерно соответствует воздействию кислот, находящихся в пищевых продуктах.

По температуре испытаний различают два метода: холодной экстракции — 24-часовое воздействие 4 %-ной уксусной кислоты при температуре 20 °С и горячей экстракции — 30-минутное воздействие 4 %-ной уксусной кислоты при температуре 100 °С.

В связи с тем что выделение кадмия сильно увеличивается при воздействии света в окислительной среде в результате фотоокисления CdS в растворимый $CdSO_4$, экстракцию кадмия необходимо проводить при исключении действия света.

Для испытания столовой посуды во многих странах принята холодная экстракция. Горячая экстракция целесообразна для испытания кухонной, например жаростойкой, посуды. В ГДР при испытаниях в обоих случаях исключают воздействие света.

Аналитические методы определения количества токсичных веществ в экстракционном растворе должны быть достаточно высокочувствительны (так как эти количества чрезвычайно малы), селективны (так как теоретически в растворе могут присутствовать все содержащиеся в красках или глазурях элементы), просты и быстро осуществимы (так как на практике необходимы серийные испытания).

Во многих странах, так же как и в ГДР, используют атомно-абсорбционные спектрофотометры. Атомно-абсорбционный метод анализа почти идеально удовлетворяет перечисленным требованиям. При этом методе раствор с определяемым элементом распыляют в пламени из смеси ацетилена или пропана с воздухом. Пламя помещается по ходу луча лампы с полым катодом. Излучение лампы имеет характерную для данного элемента длину волны. Ионизированные атомы элемента, возникающие в пламени, в зависимости от своей концентрации адсорбируют часть излучения и таким образом по измеренной экстинкции* согласно соответствующей калибровке можно рассчитать концентрацию.

Способы получения устойчивого декора. Существуют принципиально три возможности получить устойчивый декор, выделяющий минимальное количество токсичных веществ: декорирование высокоустойчивыми надглазурными, внутриглазурными и подглазурными красками.

Надежность получения абсолютно устойчивого декора, выделяющего минимальное количество токсичных веществ или не выделяющего их, повышается от надглазурного к внутриглазурному до подглазурного декорирования, а богатство цветовой палитры из-за повышения температуры обжига в этом направлении существенно уменьшается. И все же, в связи с тем что краски должны быть устойчивы при обработке в моечных машинах, все более широко применяется внутриглазурное декорирование. В то время как подглазурный декор всегда абсолютно устойчив и не выделяет токсичных веществ, устойчивость надглазурного и внутриглазурного декора зависит не только от применяемых красок, но и от правильности их приготовления, нанесения и обжига. Поэтому следует соблюдать оптимальные условия обработки и обжига декора, предписанные изготовителями красок. В особенности необходимо учитывать следующие общие правила:

не смешивать и не печатать вместе краски разных палитр;

* Экстинкция — ослабление светового потока. — *Прим. науч. ред.*

не изменять устойчивые краски, подмешивая к ним другие компоненты (например, флюсы), так как они сразу же теряют свою устойчивость;

проверять устойчивость смеси устойчивых красок одной палитры, так как может измениться устойчивость (особенно при смешении нескольких красок);

не накладывать краски слишком толстым слоем, так как возможно появление трещин, которые снижают устойчивость;

соблюдать при обжиге указанные температуру и продолжительность, а также поддерживать предусмотренную газовую среду.

При меньшей температуре обжига сильно снижается устойчивость надглазурных красок, а внутриглазурные краски не погружаются в глазурь.

Обжиг надглазурных и внутриглазурных красок следует проводить в окислительной газовой среде, для поддержания которой надо обеспечить ее хорошую циркуляцию, а изделия устанавливать не слишком плотно.

Для соблюдения установленных законодательством норм выделения токсичных веществ в ГДР разработаны единые для всех изготовителей керамических товаров народного потребления обязательные указания по декорированию. Они составляют основу систем испытания, контроля и ответственности во всей отрасли промышленности на всех стадиях производства от создания декора до выхода готовой продукции.

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ДЕКОРИРОВАНИЯ

Вспомогательные материалы для декорирования добавляют к керамическим краскам для придания им эластичности и текучести, обеспечения возможности нанесения красок кистью, инструментами для декорирования или аэрографом. Вспомогательные материалы различают по виду декорирования. Для подглазурного декорирования используют воду, сахариды (патоку, глюкозу), глицерин, гуммиарабик и декстрин. Эти вспомогательные материалы придают краскам водоустойчивость и способность удерживаться на прокаленном черепке, а сами улетучиваются при политом обжиге.

В качестве связующих для надглазурных и внутриглазурных красок используют чаще всего эфирные масла растительного происхождения, которые при обжиге улетучиваются, не оставляя никаких следов. Масла имеют приятный и ароматичный запах. В отличие от жирных масел (льняного и рапсового) эфирные масла не оставляют на бумаге жирных пятен. Уже при комнатной температуре они начинают испаряться, становясь более вязкими и смолоподобными, что особенно благоприятно при использовании их в качестве связующих для красок. В основном применяют следующие масла.

Скипидар получают, делая насечки на коре хвойных деревьев (сосне, лиственнице, ели, пихте, фисташке). При этом вытекает медово-желтая, клейкая масса — смола-сырец, содержащая 5—35 % летучих составляющих, которые выделяются при дистилляции. Летучие составляющие при охлаждении конденсируются, образуется жидкость, которая легче воды. Скипидар — бесцветная или желтоватая жидкость с острым запахом, горючая, плотностью 0,85—0,97 г/см³. Остаток после дистилляции скипидара назы-

вается канифолью. Скипидар растворяет смолы, масла и каучук. В качестве связующего для красок он придает им текучесть. Оставленный на воздухе скипидар в результате медленного испарения превращается в сгущенный скипидар (скипидарное масло). Неприятно пахнущий фенолом сухоперегонный скипидар получают сухой дистилляцией из смолистых сосновых корневищ.

Бальзам — это жидкая смесь смолы с летучими маслами от коричневого до красно-коричневого цвета, часто с резким запахом. В торговле его часто обозначают по происхождению: канадский, перуанский, японский и др. Бальзам придает краскам жирность и одновременно вязкость, сохраняет эластичность. При избытке бальзама краска во время обжига растекается.

Гвоздичное масло — жидкость желто-коричневого цвета из высушенных соцветий, листьев и стеблей гвоздичного дерева. Растение встречается в тропиках. Под воздействием кислорода воздуха масло темнеет. Оно дороже скипидара, но более экономично. Его получают также синтетически. Плотность 1,04—1,07 г/см³. Масло применяют для рисования роз, так как оно расходуется в небольшом количестве, позволяет долго сохранять свежесть и текучесть краски, что удобно для смешения красок, нанесения усиков и выполнения специальных видов живописных работ.

Лавандовое масло получают путем водно-паровой дистилляции срезанных во время цветения листьев и цветов голубой лаванды и ее разновидностей. Основной поставщик лавандового масла — Франция. Масло или бесцветное, или светло-желтое и желто-зеленое, с приятным запахом и слегка горьковатым вкусом, плотностью 0,88—0,89 г/см³. Лавандовое масло придает краскам текучесть и эластичность, его можно применять также в качестве разбавителя люстровых красок.

Анисовое масло получают из плодов зонтичных растений, его можно отнести к отощающим маслам. Оно не придает краскам жирности, но более длительно, чем скипидар, сохраняет рабочие свойства красок.

В качестве растворителей служат хлорид метилена и уайт-спирит. Хлорид метилена CH_2Cl_2 — бесцветная, летучая жидкость, растворимая в спиртах и эфирах, быстро испаряющаяся, плотностью 1,33 г/см³. Его используют в качестве растворителя аэрографных красок.

Уайт-спирит — это специальный бензин с приятным запахом, светлой окраски, плотностью 0,78—0,79 г/см³, улетучивается почти без остатка и не вносит никаких загрязнений в краску.

АНГОБЫ

Ангобы — это покрытия из массы, которые наносят на черепок, чтобы замаскировать его окраску и не окрашивать всю массу.

Ангобы в отличие от стеклообразных глазурей имеют глинистый внешний вид. С помощью имеющих большую усадку глин и больших добавок декстрина можно получить ангобы с волосяными трещинами, которые затем покрывают глазурью.

Для получения ангобов используют цветные глины или окрашивают тонкомолотую глинистую массу. Пригодны хорошо отмученные глины, мел, полевой шпат, кварц, каолин, глазурь и красящие оксиды.

Глинистые массы ангобируют в высушенном до кожетвердого состояния, причем ангоб должен быть немного «жирнее», чем глинистая масса. Фаянс ангобируют в воздушно-сухом виде. Покрытие должно быть относительно «тощим», так как допускается только незначительная усадка ангоба. Ангобировать можно также прокаленный черепок.

Ангобы приготовляют в шаровых мельницах с фарфоровой футеровкой и фарфоровыми мелющими телами.

Для получения ангобов различного цвета используют следующие оксиды: оксид кобальта (1—3 %) — светло- и темно-синего, оксид меди (1—3 %) —

светло-зеленого, оксид марганца (5—10 %) — коричневого, оксид железа (3—8 %) — красно-коричневого.

При нанесении ангоба различают три основных операции: парафинирование, ангобирование и устранение дефектов (ретуширование).

Полые изделия окунают в ангоб, плоские изделия поливают им. Места, которые не должны быть покрыты ангобом, предварительно покрывают парафином, который в процессе последующего обжига выгорает, а цвет этих мест остается первоначальным. Если необходимо оставить неокрашенные места на участках сложного профиля (геометрический узор и т. п.), на слой ангоба накладывают соответствующий шаблон. Тонкой струей песка с неприкрытых мест удаляют слой ангоба, так получают заданный узор.

При использовании машин для ангобирования края тарелок отпадает необходимость парафинирования. Частотой вращения тарелки регулируют границу нанесения ангоба. Для ангобирования мисок используют карусельные пульверизационные машины.

При ретушировании пузырьки воздуха стирают вручную, натек краски удаляют ножом. Если из-за капель парафина остаются не покрытые ангобом места, то после удаления парафина их осторожно покрывают ангобом.

Если усадка ангоба значительно отличается от усадки основной массы, то наблюдаются те же явления, что и на глазури.

Чтобы ангобный шликер не расслаивался, его необходимо периодически перемешивать, иначе плотность или окраска ангоба получатся неравномерными. Кроме того, толщина слоя ангоба должна быть такой, чтобы сквозь него не просвечивал черепок. Слишком толстый слой ангоба, напротив, при сушке будет растрескиваться.

При окунании необходимо следить, чтобы край изделия был параллелен плоскости ангоба и шликер не затекал в полость изделия. Если в ангобе много воздушных пузырей, это значит, что сухой черепок слишком порист. Ангоб не прилипает к пыльной поверхности и к недостаточно пористому черепку.

СПОСОБЫ ДЕКОРИРОВАНИЯ

Декорирование деколью. Деколь особенно пригодна для декорирования хозяйственной посуды, так как способ этот очень производителен, а качество отделки высокое.

Деколь изготовляют методом офсетной (плоской) или трафаретной печати.

На керамических предприятиях отпечатанные листы деколи разрезают на отдельные рисунки, так называемые лепки. Лепки окунают по возможности в мягкую воду (1—2 мин). Под-

ложка и пленка с рисунком отделяются друг от друга, благодаря чему становится возможным перенос рисунка. Промежуточный слой облегчает этот процесс. При нанесении крупных рисунков лепок накладывают на тщательно очищенную поверхность изделия. В то время как одна рука удерживает рисунок, вторая осторожно вытягивает подложку из-под пленки. Мелкие лепки указательным пальцем отделяют от бумаги и прижимают к поверхности изделия. Воду и воздушные пузырьки выдавливают небольшим ракелем из синтетического материала. Рисунок должен плотно прилегать к изделию. Остатки воды вокруг лепка устраняют чистой губкой. После этого декорированные изделия направляют в сушилку. Деколь, отпечатанную офсетным способом, в течение 24 ч сушат на воздухе, так как при инфракрасной сушке образуются пузыри.

После сушки изделия направляют на обжиг или дополнительно обрабатывают, например наносят декор краской или золотом (препарат благородного металла не должен попадать на лак), а затем осуществляют обжиг. Олифа и лак без остатка сгорают при температуре 220—400 °С. Слишком быстрое нагревание изделий вызывает свертывание слоев лака и олифы, краска в этих местах вспучивается. Температура обжига деколи соответствует средней температуре обжига использованных керамических красок.

Наряду с ручным нанесением деколи уже несколько лет работают машины, которые вызвали изменение технологии декорирования.

Лепок деколи размягчают в воде с добавкой бутиленгликоля. Затем лепок попадает на полированную пластмассовую плиту, центрируется и удерживается на ней вакуумом. Центрирующая плита перемещается под захват для деколей. Головка захвата удерживает с помощью вакуума пленку с рисунком (краской). Центрирующая плита возвращается в исходное положение и забирает бумагу. Так пленка отделяется от бумаги. Длительность процесса зависит от времени размягчения, толщины и набухаемости промежуточного слоя декстрина или поливинилового спирта на бумаге.

Декорируемое изделие поступает на держатель тарелки и прижимается сверху к головке захвата. В пленке деколи имеются отверстия, через которые воздух отсасывается между пленкой и тарелкой, и деколь прижимается к тарелке равномерно. После отключения вакуума декорированная тарелка отделяется от головки захвата и проходит дальше по транспортирующему устройству. С помощью приводимого в действие сжатым воздухом диска и ракеля выдавливаются остатки воды.

В этой машине процессы перемещения изделия полностью механизированы, каждый из них можно осуществлять по отдельности.

Тарелки глубиной до 140 мм можно полностью покрывать декором на машине. При этом достигается более высокая производительность по сравнению с ручным декорированием. Правда, получить хорошее качество при декорировании изделий с небольшой деформацией невозможно.

В табл. 19 приводятся основные дефекты при декорировании деколью.

19. Дефекты декорирования изделий деколью и причины их возникновения

Дефект	Причина возникновения
Остатки бумаги под изображением	Недостаточное размягчение деколи, слишком тонкий промежуточный слой декстрина или поливинилового спирта на бумаге, водонепроницаемые места (масло, пятна лака) на бумаге — на этих местах образуются пузыри, которые разрушают изображение
Вскипание краски	Недостаточно тщательное расправление деколи, остатки воды под деколью
Пузыри	Недостаточно выдавлены вода и воздух из-под деколи, пузыри при обжиге лопаются, разрушая в этих местах слой краски
Складки	Плохое расправление и небрежное наложение деколи на искривленные поверхности
Наложение лепков одного на другой	Недостаточное прижатие деколи к изделию
Белесые пятна после обжига	Использована загрязненная или жесткая вода, изделия плохо протерты
Загрязнения после перевода деколи	Небрежное вытирание изделия. На эти места нельзя наносить препараты золота
Ломкая деколь	Плохой лак, низкое качество бумаги

Изготовление деколи проходит в основном семь рабочих стадий: оригинал — репрофотография — ретушь — контактное изготовление — монтаж — изготовление печатных форм (копии) — печать.

Первые пять стадий одинаковы для офсетной и трафаретной печати, различны только некоторые детали.

Оригиналом может быть акварель, диапозитив, чистовой рисунок и т. д. Подготовленный к репродуцированию оригинал должен соответствовать TGL 24470.

Репрофотография (репро — сокращение от слова «репродукция») — это воспроизведение оригинала на фотопленке с помощью репро-камеры. Пленки размножаются фотографическим путем аналогично изготовлению фотографий.

Печатные оригиналы копируют для метода офсетной печати

на металлической (стальной) плите, для метода трафаретной печати — на сетчатой ткани.

Художник, график или живописец по фарфору рисует оригинал и подготавливает его к репродуцированию в соответствии с TGL 24470

Фотограф переснимает оригинал и получает для каждого цвета отдельную пленку, называемую цветоделенной. Это значит, что на зеленой пленке воспроизводят все части оригинала, имеющие зеленый цвет, на красной пленке — красный и т. д.

Для цветоделения применяют фильтры (стеклянные пластинки) зеленого, синего, красного и желтого цвета, которые встроены в камеру. Из-за того что отдельные цвета не абсолютно чисты, например красный может быть с синим оттенком, синий с красным и зеленым и т. д., полученные фотографом пленки необходимо ретушировать. Фотопленки обрабатывают кроющими красками и травильным составом, который позволяет осветлить темные места на пленке. С помощью кроющих красок кистью и тонким пером выделяют отдельные детали рисунка.

В большинстве случаев на печатном листе размещается несколько отпечатков рисунка. Для этого исходную фотопленку фотометодом (перекопированием) переснимают с помощью специального устройства и получают несколько фотопленок. В процессе копирования ретушированную и неэкспонированную фотопленки укладывают друг на друга на стеклянной пластине (копировальной раме). Сверху накладывают резиновое полотно и насосом между пленками создают вакуум для улучшения контакта между ними. Затем на фотопленки направляют свет. Все места, которые прозрачны на ретушированной пленке, после проявления экспонированной пленки чернеют. Процесс повторяют до получения требуемого числа фотопленок

При монтаже полученные фотопленки приклеивают рядом на фольгу примерно такого же размера, что и лист печатной бумаги. После наклеивания пленок получают монтаж

В завершение изготовляют саму печатную форму.

На печатную пластину из очень тонкой стали наносят светочувствительный слой. После высыхания слоя монтаж укладывают на плиту и проводят в принципе тот же процесс контактного копирования. Пластину проявляют с помощью специальных растворов, причем те места, с которых будут печатать рисунок (прозрачные слои на пленке), воспринимают свет и затвердевают, в то же время на остальных местах слой удаляют с плиты.

При изготовлении печатных форм для трафаретной печати монтаж укладывают на сетку со светочувствительным слоем. Сетка представляет собой синтетическую или металлическую ткань с очень тонкими нитями, пересекающимися под прямым углом.

После процесса копирования часть слоя затвердевает, а незатвердевшая часть вымывается при проявлении. На трафарете плотный слой остается на тех местах, через которые не должна проходить краска.

Дальнейшие различия заключаются в способах печати.

Офсетная печать основана на принципе отталкивания жира и воды. Все печатающие элементы (детали рисунка) формы

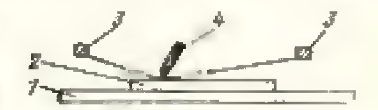


Рис. 54. **Принцип трафаретной печати:**

1 — печатный стол; 2 — поверхность на которую наносят декор; 3 — трафарет; 4 — ракель

притягивают жир (краску) и отталкивают воду, все непечатающие элементы (пробельные) притягивают воду и отталкивают жир. Печатник направляет печатную форму (пластину) в офсетную машину, где одна за другой печатаются отдельные краски. Следующая краска может быть напечатана только после высыхания предыдущей. Так постепенно путем последовательной печати возникает многоцветный рисунок.

Чем многоцветнее рисунок, тем больше нужно монтажей и пластин, так что печать отдельных видов декора может проходить месяц и больше.

Печатные краски для керамической деколи поставляют в виде пудры, поэтому в печатном цехе их надо растирать.

При офсетной печати краски интенсивных тонов припудривают на печатных листах. Для этого печатная форма печатает не краску, а олифу, которую сразу же припудривают краской, прилипающей в требуемом количестве. С пробельных мест, не покрытых олифой, пудровальная краска смахивается.

После этого печатают одну за другой краски светлых тонов. Таким образом, каждый печатный лист должен столько раз пройти через машину, сколько цветов содержит рисунок (декор).

При трафаретной печати краски не припудривают, их используют в виде паст.

Краска должна быть тонкозернистой, иначе у нее будут плохие печатные свойства, что вызывает большой износ ракеля и сетки. Из-за слишком вязкой краски лист плохо отстает от сетки, вокруг контуров рисунка образуются складки. Краски должны быть свежими и защищены от пыли и других загрязнений.

После завершения подготовительных работ краска наносится по ширине шаблона на сетку и ракелем под углом 55—70 °С за один проход продавливается через свободные от пленки места ткани на находящийся под сеткой, удерживаемый вакуумом лист бумаги (рис. 54). Целесообразно, чтобы ракель двигался вдоль ткани.

Причиной таких дефектов печати, как расплющивание отпечатка, нечеткая печать, чаще всего бывает слишком маленький формат рамы. Нечеткие, смазанные контуры могут появиться также из-за слишком близкого расположения печатного стола к сетке, при работе с неострым ракелем, с густой или слишком жидкой краской, при недостаточном вакууме.

Если печатает не вся поверхность трафарета, то надо проверить, не является ли причиной этого плохой монтаж, загрязнение ткани или сетки, изношенный ракель, недостаточное количество краски перед ракелем, недостаточное давление ракеля, большое удаление печатного стола от сетки или забивание контуров трафарета. Если листы бумаги прилипают к сетке, значит, неправильно установлен вакуум или его слишком рано отключают, краска обладает большой вязкостью или недостаточно расстояние между сеткой и столом. Дырки и трещины в сетке могут появиться из-за глубокой посадки ракеля, жесткой сетки, высокого давления плиты обратного хода на ткань, незакругленного края ракеля, загрязнения краски, небрежного обращения с сеткой при съеме краски или нарушения правил обращения с трафаретом. Если бумага до или после печати скручивается, то причина этого заключается в низкой влажности воздуха.

При многократном нанесении каждую краску необходимо сушить до 24 ч (на хорах), после чего ее лакируют. Лак также наносят методом печати через сетку. Необходимо следить, чтобы печатные листы точно попадали под маскирующий трафарет, а лаковое покрытие накладывалось на лист в определенных границах. Затем листы деколи снова сушат.

Трафарет надо очищать сразу же после окончания печати, иначе краски могут засохнуть в ячейках ткани, больше не раствориться и трафарет станет непригодным к повторному использованию.

Сетку можно применять несколько раз. Если трафарет больше не нужен, после печати с него счищают остатки краски и снимают слой эмульсии растворами щелочей, перманганата калия и метабисульфита калия. Это надо делать осторожно, иначе позднее выявятся дефекты трафарета (иголочные дырки в копии, непрочность).

Преимуществами трафаретной печати перед офсетной являются большая толщина нанесенного красочного слоя, что обеспечивает интенсивность цвета и рельефность, устойчивость краски к внешним воздействиям. Последовательным перенесением трафарета можно покрывать декором большие поверхности. Способ не требует громоздкого оборудования.

К сожалению, трафаретная печать не позволяет передавать полутона. При многоцветной печати краски нельзя накладывать друг на друга.

Прямая трафаретная печать. Уже в течение ряда лет в промышленности тонкой керамики применяются механизированные устройства и машины для прямой трафаретной печати при над- и подглазурном декорировании.

В простейшем устройстве для прямой трафаретной печати удерживаемая вакуумом кружка катится под небольшим трафаретом. Перемещающийся возвратно-поступательно ракель продавливает краску через открытые места сетки на поверхность изделия. Трудности возникают, если кружка деформирована, так как это препятствует равномерному нанесению краски. Если ракель не точно параллелен сетке, краска накладывается неравномерно. Если декор смазывается на изделии, то неправильно установлено расстояние от сетки до изделия.

В мембранно-трафаретных машинах через трафаретное устройство рисунок переносится на покрытую специальным составом резиновую мембрану, так называемый посредник. Мембрана переворачивается так, что ее печатающая сторона оказывается снизу, после чего печатная подушка прижимает ее к тарелке и переносит рисунок. Так можно декорировать плоские изделия с нанесением сплошного или частичного декора.

Для декорирования полых изделий используют вакуум-трафаретную машину, с правой и левой стороны которой расположено по трафаретно-печатающему устройству. Ракелями краска наносится на две резиновые мембраны. В то же время изделие заключается в барабанчик, расположенный в середине машины. Обе мембраны прижимаются к барабанчику, закрывая доступ воздуху, притягиваются к изделию (чайнику, кофейнику и пр.) с помощью вакуума и рисунок переносится на поверхность изделия.

Для декорирования мелких изделий (чашек, сахарниц и т. д.) объединяют принцип работы штемпельной машины фирмы «Малкин» (Великобритания) с принципом трафаретной печати. В машине для нанесения рисунка через трафарет накатом вручную перемещают рычаг, на который насажено декорируемое изделие. При этом оно обкатывается по сегментному посреднику, который перед этим прошел через трафаретное устройство.

В табл. 20 приводится перечень дефектов трафаретной печати и причины их возникновения.

Печать со стальных форм. Печать со стальных форм — это одноцветная печать по глазурованному черепку с переносом изображения, для чего служит печатная папиросная бумага.

Особенности данного способа декорирования — передача мягких нежных линий и некоторая приподнятость изображения, которая придает рисунку рельефность.

Область применения — от воспроизведения гравировки, веток, орнамента, фигурных мотивов, эмблем до надписей. Печать со стальных форм непригодна для декорирования больших поверхностей.

20. Дефекты трафаретной печати и причины их возникновения

Дефект	Причина возникновения
На печатающем элементе (мембране) мало или совсем нет краски	Загрязнена сетка, недостаточно давление ракеля, большая скорость движения ракеля, подающий ракель не забирает краску, мембрана приклеивается к сетке
На печатающем элементе избыток краски	Тупой ракель, большое давление ракеля или велико расстояние между мембраной и сеткой, низкая вязкость краски
Краска не отделяется от печатающего элемента	Печатающей элемент прилипает к тарелке, недостаточно давление прижимной подушки, грязная или влажная тарелка, имеются включения воздуха; мал вакуум, полое изделие загрязненное или влажное, мембраны рано отделяются от изделия, мембрана не закрывает плотно барабанчик, мало давление чашки, чашка деформирована или деформирован держатель, мембрана имеет большую пористость, чашка неполностью соприкасается с печатающим элементом
Нечеткий отпечаток	Мягкая печатающая подушка, большое давление подушки; подушка непригодна, избыток краски на мембранах большой вакуум, удлинено время отсоса, мембраны сильно удлиняются, велико давление чашки, очень быстрое обкатывание, ослабли концы мембраны, избыток краски на мембране
Сетка растягивается	Сквозняк, плохо промыта сетка
На изделии теневое изображение	Сетка сместилась, ракель по трафарету прошелся дважды, двойная печать большая скорость перемещения ракеля
Декор не в центре или не в заданном месте	Сместилась сетка, нарушено центрирование держателя изделия смещен печатающий элемент, деформировано изделие
После обжига отклонение цветового оттенка от образца	Толстый или тонкий слой краски (неправильно установлен ракель), нарушено соотношение краски и связующего

Для получения печатных форм полированную стальную пластину покрывают слоем асфальтовой мастики. Рисунок переносят на этот слой с папиросной бумаги. Затем стальной иглой процарапывают линии так, чтобы был виден металл, после чего в течение 4—8 мин (в зависимости от толщины линий) протравливают линии разбавленной азотной кислотой. В результате линии оказываются углубленными в пластину. Затем пластину очищают скипидаром и спиртом.

При ручной печати порошок краски смешивают на стеклянной плите с олифой. Полученную пасту шпателем распределяют по стальной пластине, вдавливая ее в углубления. Избыток краски снимают и поверхность пластины очищают. Накладывают влажную папиросную бумагу и прокатывают ее валиком при небольшом давлении (рис. 55), избегая сморщивания, разрывания или отставания от пластины.

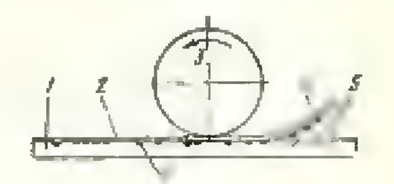


Рис. 55. Принцип печати со стальной формы:
1 — стальная форма, *2* — бумага, *3* — валик; *4* — краска, *5* — протравленные места

Находящаяся в углублениях краска, т. е. рисунок, переходит на бумагу. Бумагу с оттиском осторожно отделяют и укладывают на влажную гипсовую плиту, чтобы она не высохла и не сморщилась.

Расправленную папиросную бумагу укладывают в соответствии с образцом на чистую поверхность изделия и слегка прижимают влажной губкой, прокатывают, слегка нажимая небольшим роликом, покрытым олифой. После легкого увлажнения папиросную бумагу снимают, краска остается на изделии. При многоцветном декорировании рисунок, отпечатанный олифой, припудривают краской с помощью ватного тампона. Золотой декор наносят пудровальным золотом (до 90 %) с помощью замшевого пудрователя. Избыток краски или неприлипшее пудровальное золото собирают. Кобальтовую посуду при пудровании нужно держать рукой в кожаной перчатке, чтобы на глазури не остались отпечатки потных пальцев.

Для получения печатных оттисков существуют различные механизированные установки. Наряду с ручными печатными устройствами применяют полумеханические печатные валики и прессы для тиснения со стальных гравюр. В прессах гравированная стальная плита зажимается и описанные выше процессы протекают полностью механически. В связи с тем что печатают на сухой бумаге — шелковке, хранение оттисков на влажной гипсовой плите не требуется. Машина высокопроизводительна и пригодна для печати крупными сериями.

Декорирование инструментами. При декорировании хозяйственной посуды и посуды для ресторанов часто повторяются отдельные декоративные элементы: усики, ленты и канты, нанесение которых поддается механизации. Для выполнения этого декора вместо кисти применяется инструмент для отводки, с помощью которого можно наносить полосу на равном рас-

стояния от края (рис. 56). Инструмент используют также для декорирования овальной посуды.

При работе с инструментом для отводки необходимо соблюдать следующие правила. Перед наполнением инструмента краской проверить, плотно ли закрыта резиновая пробка. Пористую губку нельзя поворачивать при использовании. При отрезании

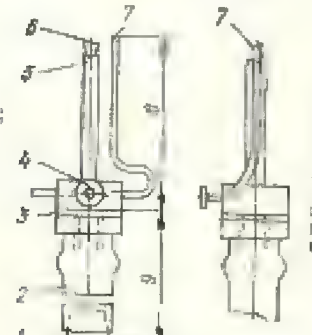


Рис. 56. Инструмент для отводки (нанесения лент):

1 — резиновая пробка; 2 — трубка из синтетического материала; 3 — уплотнение; 4 — установочный винт для направляющей; 5 — сопло; 6 — губка, 7 — направляющие; 8 — головка; 9 — рукоятка

кусочка губки обратить внимание на расположение пор, отрезать в продольном направлении пор. Губка должна выступать из сопла на 1 мм, а треть выступающей части губки соответствовать ширине наносимой ленты.

В краску не следует добавлять много бальзама, иначе она становится очень жирной и расплывается во время обжига.

Препарат глянцевого золота необходимо разбавлять метиленхлоридом (CH_2Cl_2), а препараты золота перед употреблением тщательно взбалтывать.

Изделие при декорировании надо достаточно быстро вращать, чтобы слой краски не был толстым; на трубку равномерно надавливать, чтобы краска (или препарат золота) вытекала равномерно

Изделия перед декорированием необходимо очищать от пыли. Перед нанесением глянцевого золота и люстровых красок изделия следует мыть.

После работы губку вынуть и хранить в чистом виде. Изношенную губку своевременно заменить. Сопло промывать бензолом или ему подобным веществом.

Для нанесения усика вместо сопла используют рейсфедер с металлической трубкой диаметром 1—1,5 мм, через которую вытекает краска (рис. 57). Губку помещают в углубление винтовой головки, направляющей краску или препарат золота к перу. Очень важно, чтобы перо было хорошо отшлифовано. При необходимости губку вынимают, чтобы собрать скопившиеся в ней остатки препарата золота.

Краски, используемые в инструментах для отводки, так же как для сплошного декорирования, приготовляют в жидком

виде. Для этого используют скипидар с бальзамом и метиленхлоридом. Бальзам, как известно, сохраняет эластичность краски, в то же время другие вспомогательные материалы обеспечивают ее быстрое высыхание. При нанесении усика рекомендуется добавлять в краску немного гвоздичного масла, чтобы предотвратить прерывание тонких линий. Краски для нанесения лент смешивают со скипидаром, бальзамом, лаком (лавандовым маслом при нанесении лент растворами солей) и метиленхлоридом. Для декорирования края в краску добавляют бальзам, лак и метиленхлорид. Глянцевое и полировальное золото берут в жидком виде и разбавляют метиленхлоридом.

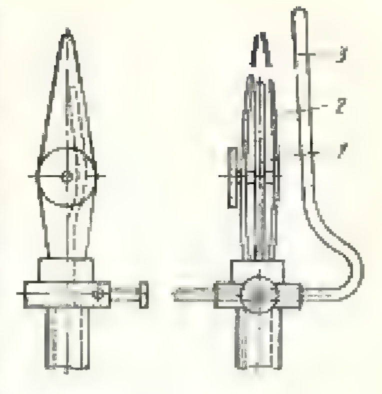


Рис. 57 Инструмент для нанесения усика:

1 — трубка; 2 — рейсфедер; 3 — направляющая

В табл. 21 даны дефекты, появляющиеся при декорировании изделий с помощью инструментов для отводки.

21. Дефекты при нанесении отводки с помощью инструментов и причины их возникновения

Дефект	Причина возникновения
Образование полос на краске	Длительное нанесение отводки или жесткая губка
Толстый слой краски	Сильное нажимание на трубку, низкая частота вращения изделия, губка сидит свободно в сопле или мала
Стекание краски	Жидкая краска
Бархатистый внешний вид	Пыльная поверхность, на черепке имеется жировая пленка
Пятнистость	Пыль на изделии или взят осмолившийся бальзам
Глянцевое золото после обжига становится матовым	Толстый слой препарата
Препарат глянцевого золота не стекает или слой его слишком тонкий	Губка плотно сидит в сопле, при повышения давления могут образоваться кляксы, большая вязкость препарата золота, слой золота очень тонкий
Стекание препарата золота	Жидкий препарат золота

Производительность труда при использовании для отводки инструментов значительно выше, чем при отводке кистью. Дальнейшее развитие декорирования в этой области связано с применением машин для декорирования. Сложность нанесе-

ния лент и усиков машинами заключается прежде всего в том, что край тарелки часто бывает деформированным, волнистым. Это создает трудности для достижения безукоризненной отводки. Краска длительное время должна сохранять равномерную консистенцию (вязкость).

В машинах для отводки края вращающийся металлический валик берет на себя из расходного бачка тонкий слой краски или препарата золота и переносит его на резиновый ролик. Устройство наклоняется, и резиновый ролик прокатывается по краю тарелки. После этого устройство поднимается. Если вместо широкого резинового ролика установить узкое колесико, то можно наносить ленты.

Для нанесения усиков используют капиллярные перья. Тонкая металлическая трубка с острием связана шлангом с расходным бачком. Имеются устройства с несколькими перьями, благодаря которым одновременно можно наносить до трех усиков. Однако, такие устройства пригодны только для работы люстровыми красками, глянцевыми препаратами платины и золота. Используемые до настоящего времени машины одновременно могут наносить на 2—4 тарелки несколько лент или усиков.

Машина «Линоретте» фирмы «Линомат» (ФРГ) наносит четкие усики и узкие (шириной до 4 мм) ленты с помощью механически перемещающихся перьев, которые после очередного рабочего такта наполняются краской путем окунания. Каждое перо со своими устройствами для заполнения, поднимания и опускания представляет собой самостоятельный узел, поэтому можно декорировать изделия одновременно несколькими красками или комбинировать краски с препаратами благородных металлов.

Существуют конструкции машин для отводки, которые включают в себя привод, подводящий и отбирающий конвейеры, транспортирующий конвейер с фотоэлементом и узел нанесения краски. При достижении тарелкой позиции декорирования фотоэлемент отключает все остальные процессы. Две кисти из куньего волоса, к которым сверху по центру подводится краска или препарат золота, наклоняются и наносят ленты на вращающуюся тарелку. Краски затворяют водой, так как эфирные масла закупоривают подводящие трубочки.

Декорирование с помощью штампа. Штамп используют при декорировании изделий повторяющимися мотивами. Изделия небольших серий и художественный фарфор декорируют вручную.

В массовом производстве применяют машины для нанесения штампа. Этот способ декорирования более производителен, чем ручная живопись; кроме того, получают более тождественные изображения. Штамп наносят на дно, борт и всю поверхность изделия.

Ручной штемпель состоит из рукоятки, деревянного основания, резиновой подушки толщиной 10 мм (подложки из пористой резины) и штемпельной пластинки (рис. 58).

В качестве красок для нанесения штампа могут быть использованы лаки, краски, препараты глянцевого и полировального золота, люстры, штемпельные пасты и др. в соответствующих пропорциях.

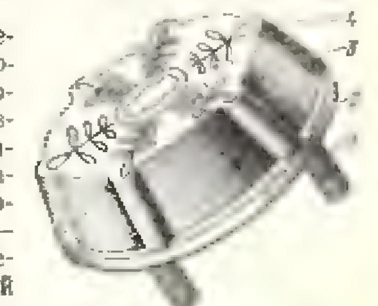


Рис. 58. Штемпель:
1 — крепежный винт; 2 — основание; 3 — подушка; 4 — плоскость штемпеля

Лак — плотная, вязкая, коричневая жидкость, состоящая из канифоли, олифы и карбоменеума. Для сохранности в него добавляют гвоздичное масло. Лак наносят на палитру шпателем или раскатывают валиком тонким слоем, повторяя процесс через каждые 15—20 мин. Часто в лак добавляют немного фуксина или пудровальной краски, чтобы он был заметнее на фарфоре. Лак необходимо наносить равномерной и не слишком тонкой пленкой. Избыток лака на плите вызывает «засаливание» штемпеля. Штемпель нельзя расплющивать или сдвигать. Его надо равномерно прижать сначала к слою лака или краски, затем к изделию. При декорировании плоских изделий давление равномерно распределяется по всей поверхности штемпеля. При декорировании полых изделий основное давление направлено сверху, затем путем обкатывания оно передается на нижнюю часть выпуклой поверхности.

После нанесения лака рисунок припудривают. Для получения равномерного тона краски припудривать надо кругообразно, по возможности в обоих направлениях. Особенно следует обращать внимание на углы и заострения узора. Для припудривания берут чистый тампон ваты. Пудровальные краски немного увлажняют керосином или скипидаром, чтобы они приобрели некоторую всасывающую способность, а цвет стал интенсивнее. При слишком сильном увлажнении краски штемпель скользит или замазывается. Люстровые краски надо приготовлять более плотными, так как они прилипают хуже, чем другие краски.

Рекомендуется использовать ранее приготовленный «старый» препарат золота, который на палитре разводят и перемешивают со свежим жидким препаратом. Все вместе растирают примерно 5 мин, чтобы образовалась равномерная паста требуемой вязкости. Обе составляющие оставляют про запас на палитре, чтобы при необходимости их можно было добавить. В процессе работы препарат золота повторно освежают. Благодаря добавлению нескольких капель анисового масла пре-

парат долго сохраняется свежим и текучим. Небольшое количество полировального золота можно сохранять на палитре, подготовленным к нанесению штампа, в течение 15 ч, прикрыв его от пыли. По истечении этого времени препарат золота должен медленно стекать со шпателя и растекаться по палитре.

По возможности препаратами глянцевого и полировального золота декорируют отдельно. При использовании полировального золота рекомендуется иметь в запасе немного густого препарата, его можно смешивать в нужной пропорции со свежим. Для полой посуды приготовляют более густую пасту, чтобы при нанесении штампа она не сползала и штемпель не расплющивался. Следует обращать внимание на то, чтобы на пленке золота не было полос и чтобы каждый раз препарат на штемпель брали с другого места палитры. Нанесение штампа глянцевым золотом трудоемко из-за того, что оно быстро густеет и надо все время подмешивать свежий препарат.

Для нанесения штампа на дно изделия чаще всего используют подглазурные краски.

Дефекты, встречающиеся при декорировании изделий штампом, перечислены в табл. 22

22. Дефекты при нанесении штампа и причины их возникновения

Дефект	Причина возникновения
Отпечаток штемпеля расплющен	Жидкий препарат золота, неравномерное давление на штемпель, толстый слой лака
Отпечаток штемпеля неполный (нет отдельных мест рисунка)	Густой препарат золота, на изделии были жирные пятна (отпечатки пальцев), недостаточно клейкий лак
Штемпель не воспроизводит тонкие контуры	Штемпель износился, его надо заменить
Загрязненный отпечаток	Волокна и другие загрязнения попали на штемпель
Отпечаток подложки штемпеля	Подложка выступает за пределы изображения
Сильное или слабое прилипание пудровальной краски	Неравномерно нанесена пленка лака
Царапины на отпечатке	Неосторожное припудривание
Остатки пудровальной краски в углублениях под ручками и внутри полых изделий	Неосторожное припудривание и недостаточный контроль
Различный тон изделий	Добавлено разное количество керосина, плохой сравнительный контроль
Отклонение цвета смешанных красок	Несоблюдение рецепта смешения
Стирание контуров рисунка	Много добавлено керосина или сильное смахивание пудровальной краски

Для нанесения штампа на край изделия применяют штемпельный ролик (рис. 59). Он состоит из закрепленного на ру-

коятке *1* с помощью держателя *3* широкого валика *4*, на который набирают лак, краску или препарат благородного металла, и меньшего по размеру печатного ролика *5*, закрепленного на держателе *7* Печатный ролик *5* прокатывается по валику *4*, и краска переносится на изделие. Усилие прижимания валика к ролику регулируется винтом *2*. С помощью направляющей *6*, положение которой устанавливается винтом *8*, ролик *5* удерживается на одинаковом расстоянии от края изделия.

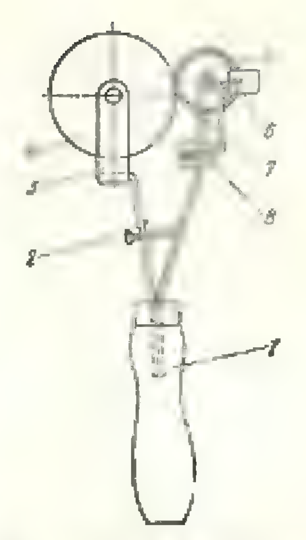


Рис. 59. Штемпельный ролик

Небольшие дефекты можно исправить заостренной деревянной палочкой. Неиспользованное золото надо соскоблить, собрать и прикрыть. Печатный ролик нельзя очищать метиленхлоридом, можно только спиртом. Изделия, декорированные штампом, надо транспортировать очень осторожно, так как этот вид декора очень чувствителен к прикосновениям.

Механизированное нанесение штампа обычно широко распространено там, где необходимо одинаково декорировать большие партии изделий. Прошедшие первый обжиг изделия перед глазурованием попадают в кабину обеспыливания, затем после центрирования с помощью фотоэлемента — под штемпельное устройство Скорость перемещения изделий регулируется бесступенчато, поэтому такие машины можно встраивать в поточные линии.

В машинах одного типа для надглазурного нанесения штампа возвратно-поступательно перемещаются салазки с гнездами для посуды и планшайбой для краски. Изделие на салазках попадает под штемпель и центрируется. Штемпель гидравлически перемещается вниз и отпечатывает рисунок на изделии. При выходе салазок из-под штемпеля планшайба для краски оказывается под ним, до этого она находилась около узла для приема краски. Штемпель опускается и набирает краску.

В машинах фирмы «Малкин» (Великобритания) поворотный круг перемещает тарелку к вакуумному удерживающему устройству. Штемпель опускается и отпечатывает рисунок. Тарелка сталкивается поворотным кругом, под штемпель подводится новая. В то же время штемпель поворачивается к бесконечной резиновой ленте, наклоняется к ней и прижимается к штемпельной пасте.

Красковыравнивающее устройство состоит из вращающегося металлического валика и регулируемого металлического

ракеля. Паста равномерно наносится на ленту. Важно, чтобы ракель прилегал к валику, а слой пасты на ленте был равномерным. Используют глянцевое золото (20 %), пасты люстровых препаратов.

Машины для декорирования чашек штампом наносят надглазурный декор препаратами золота и подглазурный — красками. В зависимости от типа установки можно наносить надписи, декор на край или всю поверхность изделия. Изделие удерживается вакуумным устройством. В машинах другого типа при вращении держателя чашки вручную прокатывают по декорирующему валику. Устройством препарат золота или краска переносится на стальной ролик а с него на питающий ролик из синтетического каучука. Валик, на который нанесен декор, прокатывается по питающему ролику, таким образом выступающие места рисунка воспринимают препарат золота или краску.

В машинах других типов включается педаль и сегментный штемпель прокатывается по закрепленной чашке, которая при этом от трения тоже начинает вращаться.

Декор можно переносить с гравированной стальной плиты, углубления которой каждый раз заполняют краской, на сегментное устройство, а с него — на закрепленные вращающиеся чашки.

В других конструкциях машин под перемещающейся вверх и вниз желатиновой подушкой совершают возвратно-поступательное движение салазки. Когда гравированная стальная плита с нанесенной на нее краской оказывается под печатной подушкой, та опускается и воспринимает рисунок. Во время обратного хода салазки отъезжают и тарелка попадает под печатную подушку, которая снова опускается и переносит рисунок. Аналогично можно декорировать чашки, причем возможно нанесение декора на противоположные стороны изделия.

Подглазурное декорирование. Изделия после первого обжига обеспыливают сжатым воздухом, затем вручную штемпелем наносят марку завода, а на кружки и плоские изделия — механизированным путем. Контроль дефектов и зачистка изделий должны быть закончены до нанесения штампа. При декорировании кружек, чашек и других полых изделий роликовым или прижимным штемпелем хорошо смешанная краска выкладывается на резиновую палитру с бортиком, распределяется валиком по всей ее поверхности и при непрерывном вращении наносится равномерно на рабочую палитру с натянутым дедероном.

Ручной штемпель прижимают к рабочей палитре, и рисунок переносят на изделие. При этом необходимо следить, чтобы штемпель касался каждый раз другого места на палитре, чем обеспечивается равномерность красочного тона. При нанесении штампа на полые изделия штемпель закрепляют на прокатном столе, к которому подводят центрированное изделие. Штемпель при равномерном давлении и с одинаковой скоростью прокатывают по поверхности изделия.

Оттиски не должны быть расплющены и размазаны, рас-

стояние от штампа до ручки должно быть одинаковым с обеих сторон, а изображение соответствовать образцу. Пользуясь шарнирным приспособлением, штемпель устанавливают так, чтобы обеспечить равное расстояние рисунка от борта кружки. Кружка удерживается на захвате с помощью вакуума, который включается педалью. После 8—10 отпечатков рисунка палитру поворачивают. Края мисок, подносов и других изделий обкатывают штемпельным роликовым приспособлением.

Механизированные процессы нанесения штампа часто аналогичны положенным в основу машин фирмы «Малкин», только здесь сам штемпель и подставка для посуды подпружинены, так как декорируют черепок после первого обжига.

Распределительным роликом краску с пористой резиновой палитры, которая служит в качестве накопителя краски, переносят на штемпельную палитру путем накатывания. Давление штемпеля на палитру воспринимается прокладкой из пористой резины толщиной 30—40 мм. Натянутая на палитру дедероновая ткань препятствует появлению отпечатка пористой структуры резины на штампе. Кроме того, она обеспечивает равномерную толщину слоя краски по всей палитре. Со штемпельной палитры краска наносится резиновым штемпелем на прокаленное изделие.

В машине для нанесения штампа на тарелки последние проходят по ленточному конвейеру из пористой резины или кожаных ремней через узлы, где их обрабатывают щетками, обдувают сжатым воздухом под вытяжкой, центрируют и наносят штамп. Машина оснащена электрогидравлическим управлением, обслуживающий персонал только устанавливает и снимает вручную тарелки.

В машине для нанесения штампа на внешнюю поверхность края кружек узел нанесения краски снабжен ножным управлением, бокалы удерживаются вакуумным отсосом. В процессе работы штемпельный сегмент, перемещаясь по красочному валику, увлажняется краской и, прокатываясь по удерживаемой вакуумом кружке, переносит декор.

В машине для нанесения марки завода на плоские изделия на выдвигаемый стол накладывается тарелка. При обратном ходе стола изделие центрируется и попадает под штемпель. Хорошо перемешанная краска предварительно ссыпается в сборник, откуда она попадает на стальной валик, где устанавливается необходимая толщина слоя краски. Резиновый валик плотно прижимается к стальному валику и вращается вместе с ним. Палитра окрашивается резиновым валиком, который каждый раз при выдвигании стола отрывается от стального валика, а затем накатывается на палитру.

Когда палитра оказывается под штемпелем, он берет с нее краску; когда под штемпелем находится изделие, краска переносится на изделие. Этот ритм вызван возвратно-поступатель-

ным перемещением стола и штемпеля. Штемпель должен центрироваться так, чтобы обеспечивалось равное расстояние декора от края изделия. Штамп должен наноситься при наименьшем давлении на изделие. Дефекты подглазурного декорирования и причины их возникновения приведены в табл. 23.

23. Дефекты подглазурного декорирования штампом и причины их возникновения

Дефект	Причина возникновения
Недостаточное количество краски на поверхности изделия	Черепок сильно обожжен или имеет низкую пористость
Краска проникает очень глубоко в черепок	Черепок недостаточно обожжен
Краски проходят черепок насквозь	Черепок тонкий
Края тарелки провисают	Края изделия тонкие и не выдерживают флюсующего воздействия краски
Растекание краски	Повышенное содержание щелочи в черепке или глазури, повышенное содержание свинца в глазури, пониженное содержание глинозема (повышенное флюсующее воздействие)
Вскипание краски или глазури	Избыточное содержание гуммиарабика или раствора декстрина
Улетучивание и вскипание краски	Сильный восстановительный обжиг
На краску не ложится глазурь	Большое количество жидкого стекла
Краски не блестят	Толстый слой краски или недостаточное содержание флюса

Подглазурные краски, например кобальтовые, поставляют в виде порошка. Готовую штемпельную краску получают путем длительного помола порошка при добавлении глицерина и этиленгликоля.

При подглазурном декорировании необходимо соблюдать чистоту на рабочем месте; не допускать соприкосновения штемпельных красок с водой и не разбавлять их водой; не работать поврежденным штемпелем; перед заполнением бачка краской полностью удалить из него остатки; следить за чистотой и качеством наносимого декора.

Аэрография. Одна из наиболее часто встречающихся техник декорирования — это наложение красочного фона. В зависимости от желаемого эффекта поверхность изделия покрывают краской полностью или частично или наносят подглазурный декор.

Декорирование осуществляют аэрографом. Остающиеся незакрашенными поверхности предварительно прикрывают трафаретами. Отдельные участки поверхности можно предварительно обработать маслом. Аэрографией можно получить также потечные поверхности и плавный переход тонов.

При нажатии на рукоятку аэрографа (рис. 60) сжимается вентильная пружина, открывается доступ сжатому воздуху. Одновременно при сжатии игольчатой пружины открывается игольчатый вентиль, освобождая доступ краски из резервуара. Сжатый воздух распыляет краску на изделие.

Распыление краски следует осуществлять в кабине с вытяжным устройством. Необходимо, чтобы в кабине было разрежение, иначе частички краски сконцентрируются в воздухе и содержащиеся в них токсичные вещества могут отрицательно повлиять на здоровье человека.

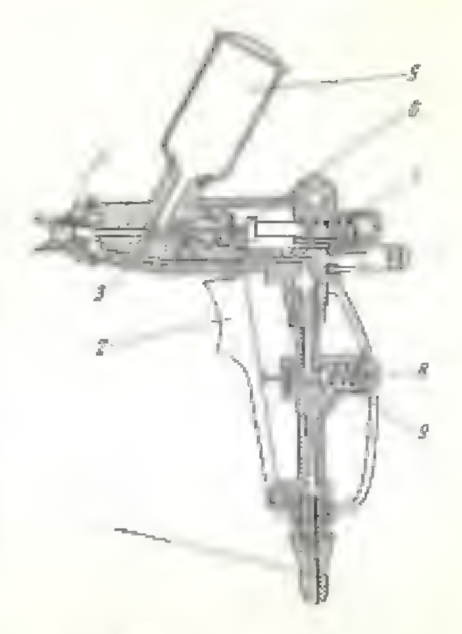


Рис. 60 Аэрограф:

1 — штуцер для сжатого воздуха; 2 — рычаг рукоятки; 3 — игольчатый вентиль; 4 — сопло; 5 — резервуар для краски или глазури; 6 — рычаг; 7 — пружина игольчатого вентиля; 8 — вентиль сжатого воздуха; 9 — пружина вентиля

Чистая посуда с заводской маркой равномерно поступает к рабочему месту. Изделия центрируются на турнетке. При вращении изделия аэрограф правой рукой медленно перемещают сверху вниз и обратно. Если краску напыляют однократно, то для обеспечения хорошего фона аэрограф надо подводить и отводить медленно.

Свинецсодержащие краски более мягкие, железосодержащие — более жесткие; кадмиевые краски ложатся толстым слоем. При декорировании кружек, кувшинов, чайников и кофейников аэрограф держат подняв вверх, при декорировании плоских изделий — наклонив вниз. Расстояние от сопла до декорируемой поверхности составляет от 10 до 15 см и зависит от ширины струи краски. Если сопло придвинуть ближе к изделию, то образуются кольца краски; если аэрограф слишком удалить от изделия, краска сильно распыляется и трудно контролировать точность работы. Трафареты, например для тарелок, после обработки 8—10 изделий надо проверять на загрязнение краев краской и при необходимости очищать. Рекомендуется работать при температуре в помещении 22—25 °С.

Используемый для распыления очищенный сжатый воздух получают в компрессоре. Регулировочным вентилем начальное давление от компрессора 0,4—0,6 МПа снижают до заданного, например при декорировании плоских изделий до 0,18—0,2 МПа, полых изделий — до 0,18, при нанесении сплошного фона на большие плоскости — 0,2—0,25; для подглазурных красок — 0,2—0,3 МПа.

Внутреннюю поверхность полых изделий прикрывают, чтобы в дальнейшем с нее не счищать краску. В носик изделия вставляют пробку из целлюлозы. Декорированные аэрографом чашки после 4—6 ч сушки промывают смесью воды и спирта в соотношении 20 : 1.

Краски в виде суспензий в скипидаре часто поступают готовыми к аэрографии. Однако рекомендуется оставлять их не менее чем на 48 ч для отстаивания и последующего сливания избытка скипидара. Поставляемую в порошке краску размалывают в течение 48 ч при добавлении скипидара в небольших фарфоровых барабанных мельницах.

Перед использованием в краску подмешивают разбавительный лак или бальзам с метиленхлоридом. Бальзам обеспечивает эластичность и прочность аэрографной краски. Быстро испаряющийся метиленхлорид служит для разбавления краски. Скипидар улучшает технологические свойства краски. Аэрографный лак способствует получению покрытия заданной толщины. Если приготовлена слишком сухая краска, то она легко стирается при прочистке фона, масло — растворитель расплывается и получаются нечеткие края. Наоборот, если приготовлена краска очень жирная, она плохо снимается при прочистке фона.

По возможности краску из порошка надо приготовлять за сутки до использования, чтобы она хорошо пропиталась. Как правило, перед употреблением краску дополнительно процеживают через сито с 10 000 отв./см². Наиболее часто встречающиеся дефекты описаны в табл. 24.

24. Дефекты аэрографии и причины их возникновения

Дефект	Причина возникновения
Струя краски выходит из сопла с одной стороны	Воздушное кольцо сопла загрязнено с одной стороны
Краска вытекает из закрытого сопла	Сопло надо плотно привернуть или заменить
Краска капает из сопла	Игла слишком короткая, диаметр сопла больше диаметра иглы
Сопло «плюется»	Отскочил наконечник, воздух проходит через щель в канале для краски, в стакан с краской попали воздушные пузырьки
Пленка краски разрушается	Вода смешалась с маслом из-за конденсации воды в компрессоре
Фон краски нанесен брызгами	Краску перед заливанием в резервуар не пропустили через сито, сработалось сопло
Краска содержит включения другой краски	Аэрограф недостаточно тщательно очистили при замене краски
Краска вытекает из сопла и плохо сохнет	Слишком низкая температура в помещении
Краска легко стирается	«Тощая» краска
Краска плохо снимается	«Жирная» краска
Краска выглядит глинистой и вся в мелких трещинах	Толстый слой краски
Матовый фон после обжига	Температура обжига недостаточная
На краске зернистый налет	Печь для обжига декора нуждается в ремонте
Фон бледный	Краска положена тонким слоем
Краска блестит, но имеет неправильный тон	Высокая температура обжига

Расчистка краски заключается в соскабливании ее с поверхности изделия до появления белой глазури. Состав для расчистки содержит или сажу с гвоздичным маслом, или белила с размягчающим маслом. Масло размягчает затвердевшую краску или аэрографный лак, а сажа или белила ограничивают расчищаемый участок, становится легче различать наложенные слои. Перемешанный шпателем состав наносят кистью.

Для толстого слоя очень темной или жирной краски берут больше размягчающего масла, чем для более светлого и нежирного; время размягчения при этом тоже увеличивается. При избытке белил или масла на кисти края расчищаемого участка могут стать нечеткими. Хорошо высыхающий фон достаточно размягчать 3 мин. С другой стороны, не следует намного увеличивать время размягчения, так как масло может высохнуть и расчистка станет трудоемкой. Для удаления размягченной краски берут тонкопросеянные, увлажненные, очищенные от пыли опилки. Надо не повредить и не загрязнить фон краски, не оставить на нем отпечатки пальцев, расчищенные контуры должны быть чистыми и четкими. Вертикальные поверхности сразу же посыпают опилками, чтобы препятствовать растеканию масла. При расчистке ручек на кисть берут мало масла. Причины ручек обычно покрыты более толстым слоем краски, чем их поверхности, поэтому лучше покрывать такие места маслом дважды.

Расчищенный узор очищают чистой тканью от пропитанных маслом остатков краски. Прилипшие кусочки соскабливают заостренной рукояткой кисти или ножичком. Прежде всего тщательно очищают дно и зашлифованные края. Проверяют чистоту полых изделий внутри.

Для сметания пыли с краски используют мягкую волосяную кисть. Остающиеся свободными поверхности можно покрыть экранирующей смесью глицерина с отмученным мелом, добавив для контраста охру, плакатную краску или сажу. После нанесения фона аэрографом изделие промывают. Так как краска смешана с маслом, она не воспринимает воду, поэтому смывается только смесь.

Экранирующие массы могут состоять из сухой глазури с гидратом глинозема в соотношении 3 : 1, а также сахара и воды. После обжига прикрывающий состав легко отваливается при обтирании или прочистке щеткой. Экранировать можно с помощью шаблонов, горячего воска и т. п. Широко рас-

25. Дефекты, появляющиеся при расчистке и экранировании нанесенного аэрографом покрытия, и причины их возникновения

Дефект	Причина возникновения
Нечеткие края расчищенного места	Избыток масла в смеси или на кисти
Трещины на отводке	«Тощая» смесь
Следы насыщенных маслом опилок и белил на фоне	Протирание опилками выполнено неаккуратно (может быть протирали несколько раз)
Белые, не покрытые краской места	Загрязнение маслеными руками, пропитанными маслом опилками и т. д.
Царапины на расчищенном фоне	Непросеянные крупные опилки
Темные частицы краски на пастельном фоне	Расчистку фона проводили грязной кистью
Следы краски в полости изделия	Не удалены опилки
После обжига на расчищенных участках матовые места, к которым прилипает грязь	Неаккуратная протирка, после которой остались белила и масло
Остатки краски на неглазурованных местах (зашлифованных краях и ножках чашек, блюдец, тарелок и т. п.)	Небрежная работа, эти места надо очистить тряпочкой слегка смоченной спиртом

простроеп вязкотекучий бесцветный быстросохнущий изолирующий лак. Лак нерастворим в скипидаре, бензоле, спиртах, а также и в аэрографном лаке. Используемый для нанесения линий изолирующий лак должен быть более вязким, чем для покрывания больших плоскостей. Лак растворяется в ацетоне. После 24 ч сушки изделие можно декорировать аэрографом. Краску следует напылить быстро и в один прием, иначе очень трудно выровнять участки после пауз. После нанесения аэрографом и высыхания краски изолирующий лак вместе с пленкой краски можно снять иглой. Слой лака должен быть достаточно толстым, чтобы при снятии он не растрескивался.

При нанесении отводки лаком не следует заходить на зашлифованный край и за борт изделия, иначе лак прилипает очень прочно и его трудно снять. Пленку лака можно сдувать сжатым воздухом. Для этого иглой процарапывают щель, в которую вдувается струя сжатого воздуха.

Для очистки кистей используют ацетон или циклогексанон. Лак и растворитель следует хранить в закрытых сосудах. Дефекты, наиболее часто встречающиеся при расчистке и экранировании наносимого аэрографом слоя краски, приводятся в табл. 25.

ТЕХНИКА ЖИВОПИСИ

Нанесение усика, отводка края и лент. Ширина усиков до 1 мм. Их наносят по-одному или несколько рядом, комбинируя также с отводкой и лентами. Замешивают густую краску, т. е. берут немного больше бальзама и меньше скипидара, чем для отводки. Краску растирают очень тонко, готовя отдельно более «жирную» и более «тощую». Так легче получить краску нужной консистенции для выполнения усика. Кисточку выбирают тонкую, с косым кончиком, который не должен быть согнут или поврежден. Чтобы обеспечить усик требуемой ширины, кисть надо вести плавно, без вращения. Изделие точно центрируют на турнетке и медленно вращают, легко прикасаясь кистью в месте, где наименьшее расстояние между изделием и банкеткой (опорной планкой для руки). Чтобы сделать незаметным соединение начала и конца усика, его продолжают немного за место начала.

Для отводки бортика краску сначала растирают со скипидаром, затем ее хорошо перемешивают с бальзамом и скипидаром.

Чтобы краска прочно держалась на изделии, она должна быть немного «тощей».

При нанесении лент, усиков и отводке края необходимо обращать внимание на добавление вспомогательных составов. Неправильное использование приводит к жидкому или тощему затворению красок, нанесению слишком жидкого или слишком густого слоя, что в свою очередь может вызвать вскипание краски, растрескивание красочного слоя и различные другие дефекты.

Нанесение лазурных лент. Лазурные ленты шириной примерно 5 мм обычно наносят более светлыми, чем обычные ленты. Краску очень долго растирают, наряду с бальзамом и скипидаром добавляют немного лавандового масла, иногда

гвоздичное масло или керосин. Этим достигается равномерное растекание краски. С уменьшением содержания бальзама увеличивают количество скипидара. Турнетка вращается быстрее, чем при нанесении усиков и лент. После двух или трех оборотов турнетки лазурная лента готова.

Необходимо следить, чтобы в начале нанесения лазурной ленты не было утолщения слоя краски. Через некоторое время лента должна казаться матовой.

Лазурование — покрывание плоскостей тонким слоем краски светлого тона с помощью губки. Краска должна быть вязкой. При декорировании не следует допускать сильного смачивания поверхности, так как расползающаяся краска ухудшает рисунок. Поэтому на кисть надо брать немного краски. Благодаря добавлению копайского бальзама краска долго остается свежей. Если краска слишком «жирная», то из-за опасности ее расплывания нельзя добавлять скипидар. Краска клейкая, имеет жирный блеск, плохо сохнет, оставляет жирные пятна, собирает пыль и нарушает выполненный кистью рисунок. Если краска «тощая», лазурь приобретает более насыщенный цвет, не получается гладкой, быстро сохнет.



Рис. 61. Подрисовка (стаффаж) ручки чашки в стиле барокко (*а*), ручки современной чашки (*б*), носика (*в*), поверхности рельефа (*г*), контура рельефа (*д*)

Если лазурь содержит много скипидара и на кисть берут много краски, она растекается и может повредить отпечатанный или нарисованный ранее рисунок. Так же как и при нанесении лазурной ленты, при лазуровании поверхности на кисть надо брать столько краски, сколько достаточно для декорирования изделия.

Подрисовка (стаффаж). Подрисовка — живописный прием, позволяющий выделить рельеф, оттенить приставные детали, ручки и носики (рис. 61). Для подрисовки гладких ручек и нанесения длинных, тонких линий берут скошенные рисовальные кисти. Для подрисовки изделий, выполненных в стиле барокко и других сложных форм, используют остроконечные кисти. Завитки должны быть круглыми, иметь четкие края. Поэтому при подрисовке ручек к поверхности прикасаются только кончиком кисти, для этого нужна твердая рука и уверенное выполнение штрихов.

Краску растирают с бальзамом и скипидаром до получения хорошей укрывистости. Начало подрисовки в зависимости от образца может быть острым или широким. Для линий, переходящих от большей ширины к меньшей, особенно пригодны косые кисти. Краска для этого должна быть «жирной», так как «тощая» краска дает полосы и с ней трудно работать.

Препарат золота для подрисовки должен быть немного вязким. Если он загустеет, его разбавляют растворителем так, чтобы он не растекался. Рельеф подрисовывают обычно препаратом золота. Кисточку глубоко окунают, чтобы препарата золота хватило на все изделие. Для подрисовки рельефа краской часто берут перо. Используют «тощие» краски с небольшим количеством бальзама. Требуемая текучесть краски достигается с помощью уайт-спирита

Рекомендуется соблюдать следующие правила:

ручки и носики подрисовывают вязкой краской или вязким препаратом золота;

завитки в стиле барокко и формы, подобные листьям аканта, подрисовывают не очень жидкой краской или препаратом золота;

жидкая краска непригодна для подрисовки, она растекается уже при росписи и сползает от прикосновения кисти, особенно при подрисовке ручек, слой краски слишком светлый.

Для нанесения точек берут эмалевые краски. Краску замешивают «тощей», немного вязкой, на уайт-спирите Тупым концом черенка кисти можно легко и быстро наносить любые точки.

Роспись кистью. Если по оригиналу или эскизу на фарфор надо перенести цветы, орнамент, пейзаж, то сначала рисунок переводят на кальку, используя карандаш, войлок, пемзу, графит, жженую газетную бумагу и тампон.

Кальку накладывают на рисунок и карандашом прорисовывают контуры. Положив бумагу на войлок, прокалывают шилом линии так, чтобы отверстия не располагались слишком близко друг к другу и не были крупными, иначе при переносе рисунка появятся искажения. Наколотую кальку выравнивают, протирая пемзой или мелкой наждачной бумагой. Теперь кальку можно наложить на изделие. С помощью тампона через отверстия протирают графит. После снятия кальки на изделии остается контур рисунка в виде слабых пунктирных линий.

Роспись фигур Рисование (роспись) фигур требует от живописца наряду с профессиональным умением и опытом также интуиции, твердой руки и точных знаний, как должны выглядеть, например, одежда, музыкальные инструменты, старинные предметы домашнего обихода. Кроме того, живописец должен иметь некоторые знания по анатомии, например для изображения животных.

В связи с многообразием задач существуют и различные техники живописи. Расписываемая скульптура должна иметь комнатную температуру и быть очищенной от пыли. Краску обычно приготовляют на скипидаре, добавляя немного скипидарного масла или бальзама.

Работу нельзя оставлять незавершенной, поэтому следует соблюдать

определенную последовательность: тонкими мазками кисти (например, черными штрихами или точками, красными точками) лицу придают необходимое выражение. Руки и лицо оживляют краской телесного цвета — смесью красного с небольшим количеством желтого или коричневого. После подсыхания телесной краски шею, руки и пальцы припудривают сухой краской и оттеняют маленькой кистью. При нанесении краски на волосы лобную часть высветляют и подрисовывают тончайшими штрихами чтобы обозначить пряди волос.

Краска для росписи корсажей и платья во избежание растрескивания не должна быть «жирной». Если же она «тощая», то поверхность не получается гладкой, а покрывается полосами. Особенно трудно наносить пурпур, сначала затворенный на воде и сахаре, а затем на масле.

Цветы на одежде рисуют пером растертой на воде и сахаре краской, а затем раскрашивают затворенной на масле краской. Преимущество водяных красок заключается в их несмываемости при наложении на них красок, затворенных на масле.

Традиционные майсенские цветы, такие как незабудки, астры тюльпаны, розы, рисуют маленькой кистью затворенными на скипидаре и бальзаме красками. После этого наступает очередь закрашивания обуви и других деталей. В заключение подрисовывают и проводят контур постамента скульптуры. Тупой кистью можно выровнять более светлые или более темные места. Для сохранения свежести красок (например, пурпура или синей для закрашивания одежды) добавляют несколько капель гвоздичного масла.

В зависимости от сложности декорирования может потребоваться несколько обжигов для закрепления красок.

Работа с люстровыми красками. Для удаления пятен от жесткой воды и пыли, оставшейся от шлифования, фарфор протирают. Люстр наносят тонким просвечивающим слоем специальными кистями. Для каждого вида люстра используют отдельную кисть. Иризирующие люстры обычно набивают кистью.

Для разбавления люстров берут растворительное или лавандовое масло или безводный скипидар. Люстры со скипидаром могут растекаться. Нельзя применять бензол, так как люстр становится пятнистым и сгущается.

Одноцветные люстры можно наносить аэрографом. Это не относится к цветным иризирующим люстрам, так как в разбавленном виде они неравномерны и пятнисты. Некоторые люстры надо обрабатывать сразу же, иначе они сгущаются и становятся непригодными. То же происходит с красными штемпельными люстрами. Не рекомендуется их оставлять на ночь в штемпельной машине. Важно наносить люстры равномерно, так как небольшая разница в толщине слоя заметно влияет на цветовой оттенок. Различные виды декора нельзя накладывать друг на друга. Как правило, цветные люстры, нанесенные лентой на иризирующий люстр, отличаются устойчивостью к истиранию. В то время как пурпурный и синий люстры устойчивы при температуре 820 °С, остальные неустойчивы. В какой-то степени термоустойчивость зависит от содержания золота в люстре. Так, пурпуровый люстр содержит много золота, оранжевый совсем его не содержит. Рекомендуемая температура обжига люстровых красок от 800 до 820 °С. При пережоге иризирующие люстры, например, приобретают нежелательный

каштановый оттенок. Имеющий при нормальной температуре красную окраску люстр при пережоге становится синеватым.

Работать с люстрами, особенно с одноцветными, надо в непыльном помещении. После работы кисти тщательно промывают в растворителе, а перед использованием размягчают. Растворитель снимают с кисти, чтобы следующий слой люстра не был слишком тонким.

Работа с кобальтовыми красками. Все соединения кобальта имеют красивую насыщенную синюю окраску, отличающуюся устойчивостью к высокой температуре. Активная составляющая этих соединений — образующийся при обжиге оксид кобальта (CoO). Краски используют в основном в качестве подглазурных или надглазурных высокого огня. Обжиг последних осуществляют в туннельных печах при температуре 1300 °C в течение 16 ч. Краска как бы погружается в глазурь и образует с ней одну плоскость. В печах с выкатным подом объемом 1 $м^3$ кобальтовые краски можно обжигать 4—5 ч. Для кобальтовых синих красок типично небольшое расплывание контура рисунка. Для живописных работ краски затворяют на бальзаме со скипидаром или уайт-спиритом. Краску тщательно растирают, чтобы не оставалось отдельных зернышек.

При «тощем» затворении краски ленты обрываются, появляются полосы и неравномерность слоя. Такие же явления возможны при недостатке скипидара или небольшом количестве краски на кисти. Из-за «жирной» краски утолщаются края рисунка. Кроме того, краска легко притягивает загрязнения.

Способы травления. Способы травления теперь применяются очень мало. Они дороги и требуют много времени. Для травления берут плавиковую кислоту HF — единственную кислоту, способную разъедать такие силикаты, как стекло и фарфор. Едко пахнущие пары плавиковой кислоты очень вредные, они раздражают и разрушают слизистую оболочку. Работать надо под вытяжкой или в защитной маске и резиновых перчатках.

Узор переносят на обожженную глазурованную поверхность изделия с помощью кальки (при ручной живописи), штемпелем или одним из методов печати. Все остающиеся блестящими места, которые не будут углублены, покрывают асфальтовым лаком. После ретуши на протравливаемые участки наносят плавиковую кислоту в виде густой пасты, смешанной с обезжиренной сажей. Травление продолжается 8—10 мин. Воздействие зависит от концентрации кислоты, рабочей температуры и устойчивости глазури. После удаления травильной пасты и асфальтового лака и тщательной очистки непротравленные участки кажутся выпуклыми и блестящими.

Узор покрывают препаратом полировального золота. При последующем полировании углубленные (протравленные) места остаются матовыми. Узор расписывают 12 %-ным препаратом глянцевого золота, после обжига на него накладывают

$16\,^2/_3$- или 20 %-ный препарат полировального золота. После повторного обжига узор полируют.

Аналогичен травлению способ, согласно которому становящиеся матовыми места сначала отпечатывают на поверхности изделия легкоплавким флюсом с помощью штемпеля или одним из методов печати. Узор вжигается в глазурь, после этого подвергается длительному воздействию теплой слабоконцентрированной соляной или азотной кислоты. При этом флюс разъедается, образуются матовые участки.

Сейчас в основном имитируют травление, что дешевле и проще. Применяют различные способы, большинство из которых заключается в нанесении подложки на глазурованную поверхность в соответствии с узором. Такой подложкой может быть масляный лак с флюсом, штемпельный лак, смесь голубого красителя, белил и свинцового сурика с небольшим количеством бальзама, скипидара, несколькими каплями гвоздичного или анисового масла или же гидрата глинозема с флюсом, при необходимости затворенных водой (только для лент и орнаментов, но не для усиков и рисунков). Эти препараты припудривают тонкомолотым песком, который затем припекается к ним во время обжига. Иногда препараты дополнительно обрабатывают наждачной бумагой или лезвием бритвы. Для припудривания штемпельного лака можно использовать также тонкий стеклянный порошок.

Другая возможность имитировать травление — использование матовой штемпельной пасты, нанесение штампа печатным лаком, припудривание его матовой краской, покрывание воском прокаленного черепка после первого обжига (к этим местам не пристает глазурь, поэтому после политого обжига они кажутся матовыми).

Обожженные изделия с такими подложками затем покрывают препаратом глянцевого или полировального золота — так получают эффект травления.

В настоящее время появилась возможность имитировать травление с помощью лазерного луча. Причем интенсивное излучение лазера оказывает минимальное термическое воздействие на материал.

Исправления дефектов. Декором можно замаскировать некоторые дефекты на изделии, например, небольшую мушку можно превратить в темную сердцевину красочного цветка (правда, нужно учитывать, что пятно железа часто образует углубление и блестит с переливами). Плешины, следы от шлифования и неровности глазури особенно выделяются, если они покрыты препаратом золота, так как металлизированные поверхности дают усиленное отражение. Беспорядочно распределенные пятна можно прикрыть мелкой деколью. Дефекты покрывают также темной краской.

Для исправления мелких дефектов декора пользуются гравировальной иглой и шабером. С помощью иглы можно удалить мелкие частички пыли с поверхности подсохшего рисунка. Шабером (шлифованным обоюдоострым стальным клинком) можно удалять приклеивающиеся частички пыли и загрязнений, процарапывать блики. Если при выполнении живописных работ

появляется дефект, это место протирают скипидаром или спиртом, вытирают досуха чистой тряпочкой, чтобы не осталось следов краски.

Брызги красок полируют вращающимся деревянным диском, увлажненным глазурью, помарки золота — вращающимся корундовым диском. Искажения рисунка и пятна железа, дефекты надглазурной живописи можно также удалять разбавленной плавиковой кислотой. При этом следует соблюдать правила техники безопасности.

ОБЖИГ ДЕКОРИРОВАННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Нанесенный на белые изделия декор должен быть закреплен во время обжига. Температура обжига надглазурных красок и препаратов благородных металлов равна 800—850 °С, внутриглазурных красок — 1200—1280 °С.

Для обжига декорированных изделий используют печи различных типов. Электромуфельная печь состоит из стального корпуса и облицована внутри шамотным кирпичом. Полезный объем печи составляет от 0,2 до 1,5 м³. В дверце печи расположено смотровое отверстие, а в перекрытии свода — вытяжное, через которое отсасываются выделяющиеся в первой фазе обжига газообразные продукты разложения связующих для красок.

При загрузке печи надо следить, чтобы изделия не ставили плотно и обеспечивалась хорошая циркуляция воздуха.

Следствием плотной загрузки может стать недостаточная механическая устойчивость золотого покрытия, искажение цвета красок, потускнение их блеска, снижение химической устойчивости. Кроме того, необходимо следить, чтобы золотой декор не попадал во влажном или полувлажном состоянии в относительно горячую муфельную печь и не пропускался слишком быстро через канал печи (это же относится к деколи). Садка должна быть достаточно прогрета. Когда холодные изделия попадают сразу в теплое помещение, они покрываются тонкой пленкой влаги. Из-за этого декор может растекаться, а контуры расплываться.

При загрузке печи перепад температуры по ее высоте не должен превышать 40 °С. Изделия с декором, содержащим большое количество флюса, размещают в центре и впереди печи, в то же время изделия, расписанные красками с пурпуром и оксидом железа, — по ее краям. Изделия с люстровым декором можно обжигать вместе с изделиями, декорированными препаратами драгоценных металлов и красками, за исключением кадмиевых.

Обжигаемые изделия сначала нагревают. Выше температуры 100 °С начинают испаряться составляющие препаратов золота, начиная с температуры 150 °С — другие вспомогательные материалы. При температуре 400—450 °С заканчивается разложение смолистых составляющих, приблизительно при температуре 500 °С выгорают углеродистые остатки. Циркуляцию

воздуха прекращают, закрыв смотровое отверстие и шабер при температуре около 600 °С, затем быстро поднимают температуру до максимальной. При охлаждении изделий надо следить, чтобы они не выходили из печи горячими, иначе могут растрескаться глазурь, краска и золото.

В щелевых печах обжиг происходит непрерывно. Изделия в стальных корзинах проходят последовательно зоны подогрева, обжига и охлаждения. Печи длиной 20—35 м состоят из одного или двух каналов. Стальные корзины проталкиваются непрерывно по рельсам печи гидравлическим или электромеханическим толкателем. Период проталкивания не более 6 мин. Система обогрева печи соединена в отдельно регулируемые группы. Регулирование температуры обжига фарфора в пределах 760—840 °С осуществляется в большинстве случаев автоматически. Время обжига составляет 4—5 ч. В современных установках трубопровод, соединенный с вытяжным вентилятором, отбирает из системы косвенного охлаждения нагретый воздух и передает это тепло в зону подогрева. Изделия устанавливают в корзинах, соблюдая схему загрузки, они не должны выступать за края корзин. Режим обжига зависит от плотности загрузки (обычно 55 кг в одной корзине), времени их пребывания в печи и температуры обжига.

Наиболее часто встречаются такие дефекты, как искажение оттенка краски, повреждение декора и глазури вследствие пережога, помарки золота и краски, появление налета, матовость поверхности при недожоге, выгорание препарата благородного металла, загрязнение поверхности краски (появление фона), пережог и восстановление кадмиевых красок.

При неправильной загрузке изделий в корзины можно повредить ручки, носики и приклеенные держатели крышек, а также разбить изделия.

В течение ряда лет эксплуатируются непрерывнодействующие газовые щелевые печи для внутриглазурного декора. На приводимых в действие электромеханическим толкателем салазках декорированные изделия (для предотвращения обусловленного размягчением глазури слипания) устанавливают в один слой. Обжиг в печах длиной до 30 м осуществляется за 1—2 ч. Температура обжига от 1200 до 1280 °С достигается с помощью высокотемпературных газовых горелок полного смешения, которые располагаются по обеим сторонам печи и скомпонованы в три независимо регулируемые группы. Полезная ширина канала 840 мм, высота 250 мм. Все процессы обжига контролируются и регулируются с одного пульта управления.

Температура на первой позиции печи составляет 120—150 °С. Для этих печей характерны небольшое сечение канала обжига, возможность регулирования подачи тепла и короткое время обжига.

В связи с тем что работа с красками опасна для здоровья, необходимо предотвращать пыление красок, используя связующие (скипидар); оснащать печи и аэрографные кабины вытяжными устройствами (пары кадмия и ртути); мыть руки перед едой и в обеденный перерыв; закрывать сосуды с красками и растворителями.

ШЛИФОВАНИЕ

Шлифование края и ножки. Шлифование относится к операциям дополнительной обработки изделий для повышения качества и устранения небольших неровностей поверхности и дефектов. Шлифуют края фарфоровых изделий, в основном чашек, обжигаемых склеенными попарно. Заглаживают шероховатую поверхность черепка, получившуюся из-за снятия глазури перед политым обжигом.

Края чашек в настоящее время шлифуют почти исключительно механизированным способом, сухим или мокрым. Изделия обрабатывают шлифовальной лентой шириной 2 см, покрытой слоем зерен карбида кремния или корунда. Чашку помещают в держатели из пластмассы или резины, имеющие выемку для ручки. В машинах для сухого шлифования вращающийся стол периодически перемещается под двумя или тремя узлами шлифования. Обязательна хорошая вытяжка шлифовальной пыли. В машинах для мокрого шлифования круглый стол вращается непрерывно. Шлифовальное устройство со шлифовальными лентами и штифтами для снятия облоя встроено в шпиндельный держатель. Оно поднимается только на позиции загрузки. Время шлифования во всех машинах регулируется через бесступенчатый привод. Позиции шлифования орошаются водой, которая подводится к местам шлифования через шланги.

В машине новой конструкции для шлифования и полирования края чашек установленные в резиновые держатели чашки сначала проходят через два узла обработки края. Край обрабатывается двумя инструментами из оксидной керамики: одним снаружи, другим внутри. Для лучшего закругления края инструменты совершают качательное движение. После этого чашки проходят через три узла предварительного шлифования и полирования, на которых имеются шлифовальные ленты различной зернистости. Давление шлифования регулируется в пяти пределах. Каждый узел оснащен соплом для распрыскивания холодной воды. До начала шлифования края чашки окутывают водным туманом. Максимальная производительность машины составляет 1860 чашек в час.

После шлифования край не должен иметь внутри и снаружи никаких острых выступов (облоя), поверхность должна быть тщательно заглажена и отполирована.

Опорные поверхности ножки изделий также должны быть гладко отшлифованы. Это необходимо для предотвращения царапин на глазури при стопировании плоских изделий на поверхности стола.

Для шлифования ножек чайников, кофейников, сахарниц, суповых ваз и т. д. используют шлифовальные круги (сменные диски из серого чугуна). При шлифовании используют кварцевый песок и воду.

Диски время от времени переворачивают, чтобы шлифовальная поверхность оставалась плоской.

В полумеханизированных установках шлифуемые изделия специальными держателями проводятся по шлифовальному кругу. При этом значительно повышается производительность труда.

Стоимость шлифовальных материалов при таком способе мала. Недостаток способа заключается в том, что можно шлифовать только плоские поверхности и невозможно снять фаску на ножке.

Ножки чашек шлифуют преимущественно карборундовыми кругами, которые закрепляют в машинах для шлифования края чашек.

Для шлифования ножки плоских изделий используют два способа: шлифование на вращающихся шпинделях (тарелка вращается так же, как и чашка) и шлифование абразивными лентами (тарелки проходят на конвейере под вращающимися шлифовальными лентами).

Для первого способа применяют как ручные шпиндели, так и механизированные устройства, подобные машинам для шлифования края чашек. По второму способу плоские изделия устанавливают на конвейере ножкой вверх и подводят их под вращающуюся шлифовальную ленту, находящуюся на резиновом шланге, который накачивается воздухом под давлением до 0,1 МПа и препятствует соскальзыванию ленты. При этом лента остается настолько эластичной, что может изгибаться по профилю ножки, благодаря чему сглаживает неровности. Производительность такой машины достигает 15 000 изделий в смену.

Преимущество первого способа — интенсивное шлифование, преимущество второго способа — высокая производительность труда.

После проверки качества шлифования изделие тщательно промывают до удаления остатков шлифовальных материалов, чтобы следы железа не стали заметными после обжига. Давление воздуха и прижима устанавливают такое, чтобы обеспечить хорошее шлифование ножки. Изделия с незашлифованной засоркой направляют на доработку.

Зашлифовывание дефектов. При этом устраняют такие дефекты, как засорка, т. е. приплавленные к поверхности изделия

упавшие на нее частички. Такие изделия, хотя и имеют пониженное качество, остаются пригодными для эксплуатации.

Засорку сошлифовывают, прижимая изделие вручную к вращающемуся на горизонтальном шпинделе карборундовому кругу. Сошлифованная поверхность должна быть минимальной и тщательно отполированной. Обычно это делают кругами из мягкого дерева, например из липы, закрепленными на одном валу со шлифовальным кругом. В качестве полировальной пасты используют сырую глазурь. Сухую глазурь увлажняют и смачивают ею деревянный круг. По окончании работы полировальную пасту удаляют.

К доработке дефектов относится также сошлифовывание засорки огнеприпаса, причем сошлифовывают до поверхности изделия все прилипшие кусочки высотой до 0,3 мм с острыми краями. Сюда же относится зашлифовывание выплавок. Такие изделия обычно переходят в группу низкого сорта. Дефекты шлифования приведены в табл. 26.

26. Дефекты шлифования и причины их возникновения

Дефект	Причины возникновения
Небольшой износ шлифовальной ленты, плохое наложение ленты на край чашки	Недостаточный прижим шлифовальной ленты к чашке
Биение чашки	Гнезда для чашек велики или вращаются несоосно
Неполное сошлифовывание облоя	Неправильно установлены шлифовальные камни
Сошлифовываются только возвышения, углубления не обрабатываются	Плохое шлифование, вызванное небольшим давлением прижима или коротким временем обработки
Царапины от шлифовальной ленты не заполировываются, поверхность не блестит. В результате край слегка загрязнен, матовая поверхность нанесенного слоя золота	Плохое полирование
Ножка отшлифованного изделия неплоская	Шлифовальный круг был установлен неплоскопараллельно или неравномерное усилие прижима
Ножка хотя и плоскопараллельна, но с одной стороны отшлифована больше	Наклонное положение изделия при шлифовании
Остатки ржавой воды на изделии после шлифования	Плохая очистка
Возвышения после сошлифовывания дефектов	Засорка сошлифована не до поверхности изделия

ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ, УПАКОВКА И ХРАНЕНИЕ

Транспортирование. Для интенсификации производства существенное значение имеет правильная организация процессов транспортирования, погрузки и хранения. Внутризаводской транспорт, упаковка и хранение сырья, полуфабриката и готовой продукции в промышленности тонкой керамики требуют больших трудозатрат.

В настоящее время для обеспечения перемещения материалов расходуют приблизительно 25 % рабочего времени, на промежуточное хранение — около 12 %. В связи с этим мощность транспорта и пропускную способность участков хранения изделий необходимо рассчитывать так, чтобы создавались условия для непрерывного производственного процесса. Все перемещения материала должны быть с наименьшими затратами, а промежуточное хранение сведено до технологически необходимого минимума.

Транспорт охватывает все производственные процессы, начиная от склада сырья и вспомогательных материалов и кончая отправкой готовой продукции.

В промышленности тонкой керамики перемещают в основном следующие материалы, полуфабрикат и продукцию: каменистые материалы в сухом, кусковом, зернистом или порошкообразном состоянии; каолины, глины и массы с различным содержанием воды; суспензии с разной плотностью, например в виде литейного шликера; полуфабрикат во влажном, сухом или обожженном состоянии; готовую продукцию и такие вспомогательные материалы, как формы, капсель и т. п.

Основные виды оборудования для перемещения материалов и изделий: механические и гидравлические подъемные механизмы, напольный безрельсовый транспорт, конвейеры, элеваторы, пневмотранспортеры.

На современных предприятиях сюда же относятся разветвленные трубопроводы для подачи жидких и газообразных материалов (воды, жидкого топлива, генераторного или природного газа, сжатого воздуха и т. п.). Тенденция развития транспорта для перемещения тонкозернистого материала и суспензий масс и глазурей направлена к разработке замкнутых транспортных систем, для перемещения полуфабриката — гибких или жестких сопряжений с производственными агрегатами.

Транспортные устройства при соприкосновении с твердыми силикатными материалами не должны подвергаться сильному износу, а выделение пыли не должно превышать установленных норм. Трудность представляет транспортирование и перегрузка хрупкого полуфабриката. По этой причине все устройства должны работать спокойно, без сотрясений. Перегрузку обычно осуществляют пневматическими захватами.